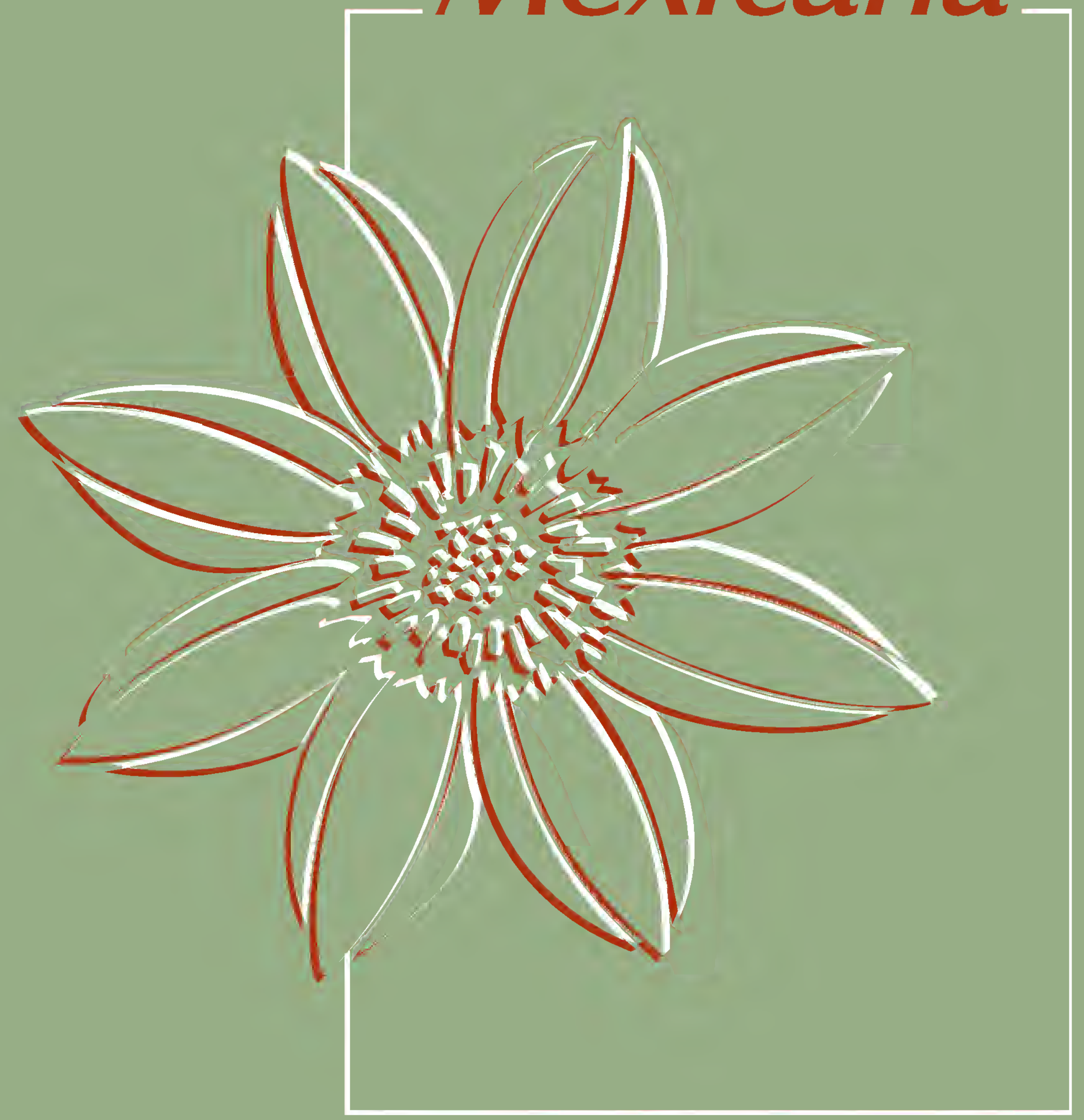
ISSN 0187-7151

Acta Botanica Mexicana

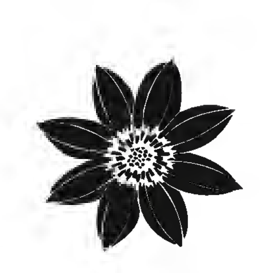


INSTITUTO DE ECOLOGIA, A.C.

Número 98

ENERO 2012

Pátzcuaro, Mich.



Acta Botanica Mexicana

Acta Botanica Mexicana (ISSN 0187-7151) es una publicación de Instituto de Ecología, A.C. que aparece cuatro veces al año. Da a conocer trabajos originales e inéditos sobre temas botánicos y en particular los relacionados con plantas mexicanas. Todo artículo que se presente para su publicación deberá dirigirse al Comité Editorial de Acta Botanica Mexicana. Pueden reproducirse sin autorización pequeños fragmentos de texto siempre y cuando se den los créditos correspondientes. La reproducción o traducción de artículos completos requiere el permiso de la institución que edita la revista. Las normas editoriales e instrucciones para los autores pueden consultarse en la página www1.inecol.edu.mx/abm

Acta Botanica Mexicana está actualmente incluida en los siguientes índices y bases de datos de literatura científica: Biological Abstracts, BIOSIS Previews, Dialnet, Índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica y Tecnológica del CONACyT, Journal Citation Reports/Science Edition (con cálculo de factor de impacto), Latindex – Catálogo, RedALyC, SciELO, Science Citation Index Expanded y Scopus.

COMITÉ EDITORIAL

CONSEJO EDITORIAL INTERNACIONAL



PAUL ARNOLD FRYXELL (1927-2011)

Paul Arnold Fryxell, especialista internacionalmente reconocido de Malvaceae y contribuyente de muchas floras mexicanas, falleció el 11 de julio de 2011, a la edad de 84 años, como resultado de insuficiencia cardiaca congénita. Nació el 2 de febrero de 1927 en Moline, Illinois, EUA, y desde niño le fascinó la naturaleza. Sin embargo, no tenía en mente ser taxónomo vegetal, y en sus últimos años a veces mencionaba que no había tomado ni siquiera un curso de sistemática de plantas. En vez de esto, después de haberse graduado en 1949 en el Colegio Augustana, obtuvo la maestría y el doctorado (1955) de la Universidad Estatal de Iowa, llevando a cabo investigaciones sobre la genética del algodón. Posteriormente, fue profesor

asistente en la Universidad de Wichita, y durante este periodo publicó "El modo de la reproducción en las plantas", en la revista Botanical Review en 1957, artículo profusamente citado.

Desde 1957 hasta su jubilación, trabajó como investigador del Servicio de Investigaciones Agrícolas (Agricultural Research Service, ARS) del Departmento de Agricultura de los EUA, primero en Tempe, Arizona y, a partir de 1965, en College Station, Texas, en la universidad "Texas A&M". Su interés cambió, de la genética del algodón a la taxonomía del género *Gossypium* y, de hecho, al llegar a College Station, ocupó el puesto de "taxónomo del algodón" del ARS. Este nuevo enfoque produjo obras importantes como el libro *La historia natural de la tribu del algodón* en 1979 y el artículo "Una interpretación taxonómica modificada de *Gossypium* L. (Malvaceae)" en 1992. Al mismo tiempo, sus intereses y su destreza paulatinamente se fueron ampliando para incluir toda la familia Malvaceae (en el sentido más estrecho de aquel tiempo) y, adicionalmente, a las diversas familias de las Malvales (o sea, Malvaceae en el sentido amplio actual).

Aunque tenía un interés especial en México, al principio por su trabajo sobre el algodón y luego debido a la riqueza maravillosa de las malváceas en general en este país, alcanzó reconocimiento internacional como autoridad de la familia de muchas partes del mundo. Entre sus más de 200 publicaciones se cuentan obras seminales como *Malvaceae de México* (en Systematic Botany Monographs, 1988) y una monografía de *Pavonia* (en Flora Neotropica Monographs, 1999). Elaboró revisiones de grupos de muchas partes del mundo y tratados florísticos de Ecuador, Nicaragua, las Antillas Menores, la Guayana Venezolana y Mesoamérica (este último aún no publicado), entre otros.

Paul llevó a cabo trabajo de campo en varias partes del mundo, incluyendo Australia, donde sus experiencias de dos viajes con el norteamericano James McD. Stewart y el australiano Lyn Craven en 1983 y 1985, enfocados en la colecta de germoplasma de especies silvestres de algodón y de material de Malvaceae en general, generaron la materia prima para conversaciones, discusiones, deliberaciones y gratos recuerdos posteriores. Sin embargo fue México el país que más le llamó la atención. Sus exploraciones allí comenzaron en la última parte de los años sesenta, relacionados con sus investigaciones sobre el algodón. En 1975 inició una serie de viajes de colecta casi anuales con Stephen D. Koch del Colegio de Postgraduados, Chapingo, que se extendieron hasta principios de la década de los noventa; el enfoque del trabajo de campo fueron las Malvales en general.

Publicó ampliamente sobre las malváceas mexicanas; de los 225 nuevos géneros y especies de los cuales fue autor o coautor [y hay aún trabajos suyos en prensa

en el momento de escribir este texto], cerca de la mitad son de México. Además de la monumental obra *Malvaceae de México*, publicó numerosas revisiones, especies nuevas y tratados florísticos (Chiapas, Veracruz, Valle de México, el Bajío, Nueva Galicia, y otros) para México.

Su excelencia como botánico fue reconocida oficialmente por sus colegas en repetidas ocasiones, como lo muestra por ejemplo su elección como presidente de la Sociedad Americana de Taxónomos Vegetales (1983-1984), así como de la Sociedad de Botánica Económica (1988-1989), y el haber sido acreedor al premio "Henry Allan Gleason" en 1989, por su obra *Malvaceae de México*.

Paul era una persona de voz suave con una mente aguda y analítica, con opiniones firmes pero tolerantes, con puntos de vista políticos abiertos y progresistas, con un sentido de humor subyacente, y con un placer constante en la curiosidad intelectual, la familia, la amistad, y los caprichos de la vida. Como botánico, estuvo disponible a todos sin excepción y fue generoso con sus conocimientos y su tiempo, un afable y cortés sabio (y aquí hago énfasis en esas tres palabras). Todos que lo conocieron lo extrañan profundamente.

Tom Wendt
Plant Resources Center
Universtiy of Texas at Austin



Acta Botanica Mexicana 98: 5-21 (2012)

MORFOGÉNESIS DE LA FASE SEXUAL DE SIETE TAXA EPÍFITOS DE *POLYPODIUM* (POLYPODIACEAE) DE MÉXICO

NANCY VÁZQUEZ-PÉREZ, ANICETO MENDOZA-RUIZ[1] Y BLANCA PÉREZ-GARCÍA

Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, Departamento de Biología,Área de Botánica Estructural y Sistemática Vegetal, Avenida San Rafael Atlixco 186, Colonia Vicentina, 09340 México, D.F., México.
[1]Autor para la correspondencia: amr@xanum.uam.mx

RESUMEN

Se analiza y describe la morfología de la fase sexual de siete taxa epífitos de *Polypodium* que crecen en México. Las esporas son monoletes, elipsoidales a reniformes, con el perisporio verrucado a tuberculado. El patrón de germinación corresponde al tipo *Vittaria* para todas las especies; en cuanto al desarrollo protálico, se observó el tipo-*Drynaria* en *Polypodium furfuraceum*, *P. plebeium, P. polypodioides* var. *aciculare, P. polypodioides* var. *polypodioides* y *P. rhodopleuron* y el tipo *Aspidium* en *P. fraternum* y *P. lepidotrichum*. Con respecto a los gametangios, en algunas especies se formaron gametofitos unisexuales y/o bisexuales. Las especies que desarrollaron protalos con arquegonios fueron *P. fraternum*, *P. furfuraceum*, *P. lepidotrichum*, *P. plebeium*, *P. polypodioides* var. *aciculare* y *P. polypodioides* var. *polypodioides*. Los anteridios se originaron en *P. rhodopleuron*, *P. plebeium* y *P. polypodioides* var. *polypodioides*. Se observaron yemas para la propagación vegetativa en los gametofitos de *P. lepidotrichum* y *P. rhodopleuron*.

Palabras clave: esporas, gametangios, gametofitos, germinación, helechos epífitos.

ABSTRACT

Morphology of the sexual phase of seven epiphytic taxa of *Polypodium* that grow in Mexico was observed and described. The spores of all species studied are monolete, ellipsoid to reniform, and verrucate to tuberculate. All the species analyzed have the *Vittaria*-type pattern of germination. In regard to the prothallial development, the *Drynaria*-type was observed in *Polypodium furfuraceum*, *P. plebeium*, *P. polypodioides* var. *aciculare*, *P. polypodioides*

var. *polypodioides,* whereas *P. rhodopleuron*. *P. fraternum* and *P. lepidotrichum* displayed the *Aspidium*-type pattern. Unisexual and/or bisexual gametophytes were observed in some species. *Polypodium fraternum*, *P. furfuraceum*, *P. lepidotrichum*, *P. plebeium*, *P. polypodioides* var. *aciculare* and *P. polypodioides* var. *polypodioides* developed archegonial gametophytes while *P. rhodopleuron*, *P. plebeium* and *P. polypodioides* var. *polypodioides* formed antheridial gametophytes. A trend to the vegetative propagation of the gametophytes was observed in *P. lepidotrichum* and *P. rhodopleuron*.

Key words: epiphytic ferns, gametangia, gametophytes, germination, spores.

INTRODUCCIÓN

La familia Polypodiaceae, incluye alrededor de 40 géneros y aproximadamente 600 especies de amplia distribución (Moran y Riba, 1995). Entre los primeros se encuentra *Polypodium*, el cual concentra unas 120 especies, en su mayoría epífitas y de distribución americana. Sus esporofitos poseen rizomas cortos a largamente rastreros y escamosos; pecíolo y raquis sulcados del lado adaxial; hojas con la lámina pinnatisecta a pinnada; soros redondos u ocasionalmente elípticos, sin indusio, dispuestos en los ápices de las nervaduras; cápsulas esporangiales glabras o setulosas; esporas amarillas, monoletes, elipsoidales a reniformes (Moran y Riba, 1995; Mickel y Smith, 2004).

La circunscripción taxonómica de *Polypodium* es problemática, señalándose en distintos trabajos la necesidad de revisarla (Smith et al., 2006). Actualmente varios autores reconocen de manera informal dentro del género distintos complejos de especies. México es considerado como centro de diversificación de algunos de ellos como por ejemplo los de *Polypodium dulce*, *P. plesiosorum* y *P. polypodioides* (Moran y Riba, 1995; Mickel y Smith, 2004).

En los helechos, una gran parte del conocimiento biológico que se tiene del grupo se ha generado a partir de la fase esporofítica, sin embargo, son diversos los autores que han señalado la importancia que tiene el estudio de la gametofítica. Así por ejemplo, Nayar y Kaur (1969, 1971) junto con Atkinson (1973) han señalado que la morfología de los protalos, en combinación con los caracteres morfológicos del esporofito, puede ser útil para caracterizar taxonómicamente a las especies de pteridofitas.

En lo que se refiere a *Polypodium* en particular, distintos autores han realizado estudios bioquímicos y fisiológicos en los gametofitos de algunas especies (Knudson, 1940; Smith y Robinson 1969, 1971, 1975; Smith, 1972; Smith et al., 1973; Roy,

1987; Reixach et al., 1996; Muccifora, 2008); también se ha analizado la influencia de la luz visible y de los rayos X como inhibidores de la germinación, crecimiento y diferenciación de los mismos (Spies y Krouk, 1977; Agnew et al., 1984, 1985; Roy, 1987; Ranal, 1991), así como el efecto de la densidad poblacional en su desarrollo (Smith y Rogan, 1970).

En cuanto al estudio de la morfogénesis de la fase sexual en el género, destacan varias contribuciones en las que se describe la polaridad de la espora, el inicio de la germinación, el desarrollo de los rizoides, el patrón de germinación, los tipos de desarrollo protálico y la diferenciación sexual y reproducción de *Polypodium aureum* L., *P. australe* (Fée) Maxon, *P. cambricum* L., *P. chnoodes* Spreng., *P. feuillei* Bertero, *P. hirsutissimum* Raddi, *P. irioides* Poir., *P. lepidotrichum* (Fée) Maxon, *P. pectinatum* L., *P. pellucidum* Kaulf., *P. plumula* Humb. & Bonpl. *ex* Willd, *P. verrucosum* Hook., *P. virginianum* L., *P. vulgare* L. y *P. vulgare* L. var. *occidentale* Hook (Wuist, 1916; Steil, 1921; Pickett y Thayer, 1927; Hartman, 1931; Davie, 1951, 1978; Stokey, 1951, 1959; Nayar y Kachroo, 1953; Nayar, 1955, 1962; Atkinson y Stokey, 1964, 1970; Nayar y Kaur, 1968, 1969, 1971; Nayar y Raza, 1970; Atkinson, 1973; Kott y Peterson, 1974; Raghavan, 1974, 1980, 1985 y 1989; Welling y Haufler, 1993; Reyes-Jaramillo y Pérez-García, 1994; Shorina, 2001; Chiou y Farrar, 1997a, 1997b; van Uffelen, 1997; Gabriel y Galán et al., 2008).

En el presente trabajo se estudia la fase sexual de siete taxa epífitos de *Polypodium* (Polypodiaceae): *Polypodium fraternum* Schltdl. et Cham. y *P. rhodopleuron* Kunze, que se circunscriben dentro del complejo de *Polypodium plesiosorum*, y *P. furfuraceum* Schltdl. et Cham., *P. lepidotrichum* (Fée) Maxon, *P. plebeium* Schltdl. et Cham., *P. polypodioides* (L.) Watt var. *aciculare* Weath. y *P. polypodioides* (L.) Watt var. *polypodioides* que se incluyen en el complejo de *P. polypodioides*, proporcionando información sobre las características de la espora y su tipo de germinación, el tipo de desarrollo protálico, la morfología del gametofito adulto y de los gametangios. De esta manera se pretende contribuir al conocimiento de la fase sexual de las pteridofitas tropicales americanas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Las esporas de las especies en estudio se obtuvieron de hojas fértiles de diferentes individuos que fueron recolectados en distintas localidades del estado de Hidalgo (Cuadro 1); las pinnas con soros se colocaron en sobres de papel y se dejaron secar a temperatura ambiente por una semana; los ejemplares de respaldo se

Cuadro 1.- Localidades de las especies estudiadas. BE, Bosque de encino; BMM, Bosque mesófilo de montaña.

Taxa	Número de colecta	Localidad	Tipo de vegetación/ Altitud (m s.n.m.)
P. fraternum Schltdl. et Cham.	A. Mendoza 1440	2 km sobre la desviación a Huayacocotla, a partir del camino San Agustín Metzquititlán-Zacualtipán, Mpio. San Agustín Metzquititlán, Hidalgo.	BE/2049
P. furfuraceum Schltdl. et Cham.	N. Vázquez 2	Río Malila. Mpio. Molango de Escamilla, Hidalgo.	BMM/1240
P. lepidotrichum (Fée) Maxon	A. Mendoza 1443	Predio Casas Viejas, Mpio. San Agustín Metzquititlán, Hidalgo.	BE/2049
P. plebeium Schltdl. et Cham.	A. Mendoza 1433N.	1.8 km sobre la desviación a Zoquizoquipan, a partir de la carretera Zacualtipán-Molango, Mpio. Metztitlán, Hidalgo.	BE/2049
	Vázquez 3	Río Malila. Mpio. Molango de Escamilla Hidalgo.	BMM/1240
P. polypodioides (L.) Watt var. *aciculare* Weath.	N. Vázquez 9	Río Malila. Mpio. Molango de Escamilla, Hidalgo.	BMM/1240
P. polypodioides (L.) Watt var. *polypodioides*	A. Mendoza 1425	4 km después de Ahuecatlán rumbo a Contepec, Mpio. Calnari, Hidalgo.	BE/2049
P. rhodopleuron Kunze	N. Vázquez 1 N. Vázquez 4 N. Vázquez 7	Río Malila. Mpio. Molango de Escamilla, Hidalgo.	BMM/1240

identificaron y se encuentran depositados en el Herbario Metropolitano Ramón Riba y Nava (UAMIZ) de la Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa.

Una vez liberadas las esporas dentro de los sobres, se tamizaron con una malla metálica con poros de 0.074 mm de diámetro. Se midieron un total de 30 por especie para obtener los tamaños (mínimo, promedio y máximo). Posteriormente, éstas fueron esparcidas con un pincel de pocas cerdas sobre la superficie de una placa de agar enriquecido con medio de cultivo de Thompson, previamente

esterilizado (Klekowski, 1969). Por cada taxon se sembraron cinco cajas de Petri de 5 cm de diámetro, de las cuales una se puso en la oscuridad para probar fotoblastismo.

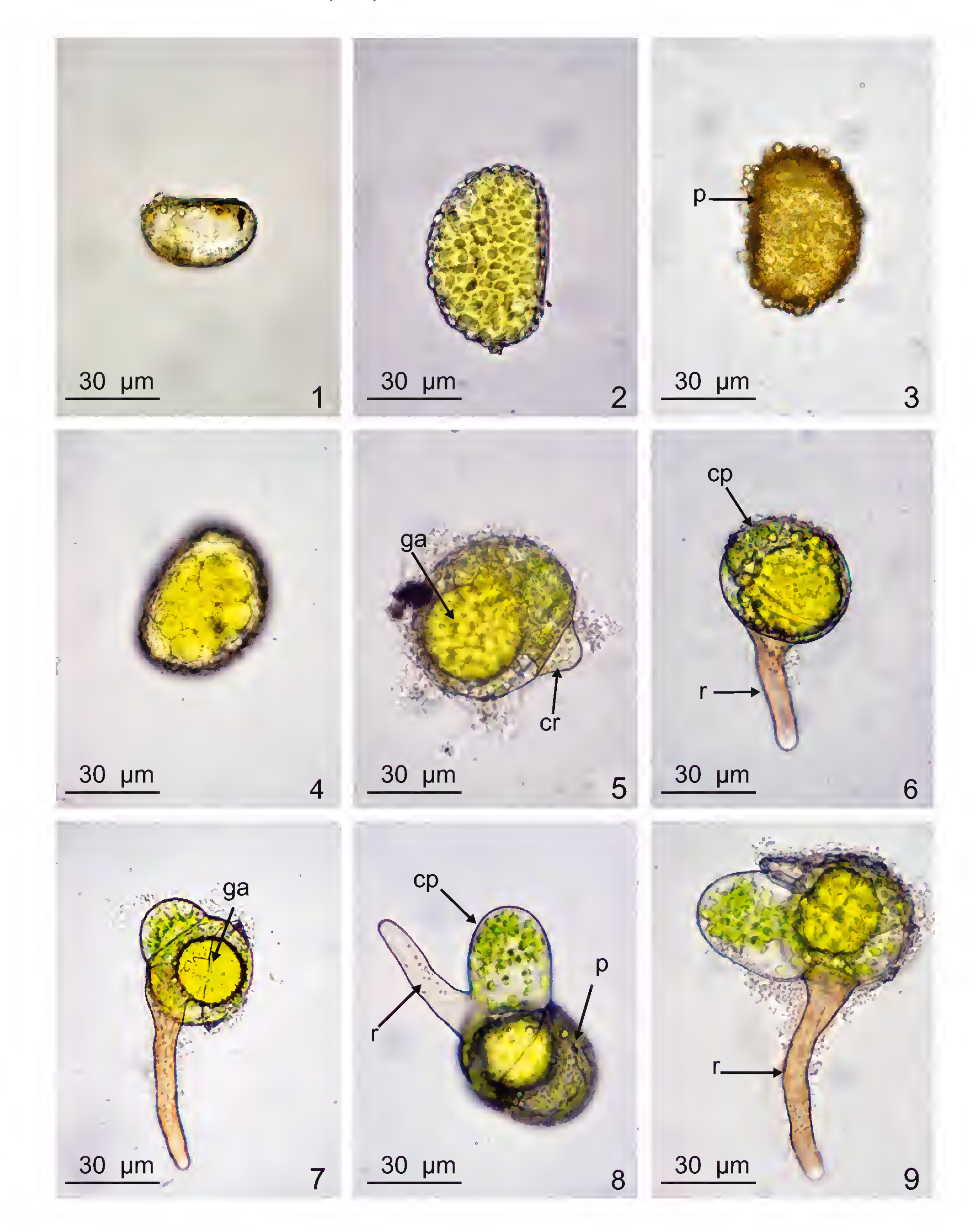
Las cajas con esporas se guardaron dentro de bolsas de polietileno transparente y se colocaron en un estante tipo esqueleto, con un fotoperiodo de 12 hrs luz/oscuridad (lámparas Solar 75 Watts, luz de día) y a una temperatura de 22-26 ºC en condiciones de laboratorio.

Después de la siembra se revisaron diariamente los cultivos hasta que se produjo la germinación, posteriormente se hicieron observaciones de manera semanal, para agregarles agua y obtener los datos y fotomicrografías de las distintas etapas de desarrollo de los gametofitos, mismas que fueron tomadas con un microscopio óptico Olympus BX- 41 y una cámara fotográfica Olympus C-5060.

RESULTADOS

Esporas: Las especies estudiadas son homospóricas, monoletes, elipsoidales a reniformes y aclorofílicas, de color amarillo a pardo oscuro y la ornamentación del perisporio es verrucada a tuberculada en todos los taxa (Tryon y Tryon, 1982). En cuanto al tamaño de las esporas, las más pequeñas fueron las de *Polypodium polypodioides* var. *aciculare* con (31) 40 (46) µm de largo x (20) 28 (34) µm de ancho (mínimo, promedio, máximo) y *P. polypodioides* var. *polypodioides* (30) 40 (57) µm x (24) 30 (40) µm, las más grandes corresponden a *P. rhodopleuron* (60) 70 (77) µm x (47) 54 (60) µm, el resto de las especies presenta un tamaño intermedio: *P. fraternum* (46) 65 (52) µm x (31) 47 (36) µm, *P. furfuraceum* (48) 57 (69) µm x (35) 44 (58) µm, *P. lepidotrichum* (39) 46 (58) µm x (27) 31 (38) µm, *P. plebeium* (41) 51 (60) µm x (27) 33 (40) µm (Figs. 1-4).

Germinación: Las esporas germinan entre los 6 y los 8 días posteriores a la siembra; en este proceso se observan grandes glóbulos de aceite (gotas lipídicas) de color amarillo en la primera célula protálica y que seguramente participan en la división celular y el crecimiento del gametofito, característica que comparte con muchas otras Polypodiaceae s. str. (Ramírez y Pérez-García, 1998; Pérez-García et al., 2001; Reyes Jaramillo et al., 2003). El patrón de germinación que presentan es tipo-*Vittaria*, en el cual la célula rizoidal se origina a partir de una división perpendicular al eje polar de la espora y la formación de la primera célula protálica se define por una división perpendicular a la anterior originando dos células, una de ellas permanece en reposo y la otra se parte dando inicio al desarrollo del filamento germinativo. La



Figs. 1-4. Esporas de *Polypodium*, 1. *Polypodium polypodioides* var. *aciculare*, 2. *P. plebeium*, 3. *P. lepidotrichum*, 4. *P. rhodopleuron*, 5-9. Germinación de esporas en *Polypodium*, 5. *P. plebeium* (6 días), 6. *P. polypodioides* var. *polypodioides* (8 días), 7. *P. polypodioides* var. *aciculare* (8 días), 8. *P. fraternum* (8 días), 9. *P. plebeium* (6 días), cp = célula protálica, cr = célula rizoidal, ga = glóbulo de aceite, p = perisporio, r = rizoide.

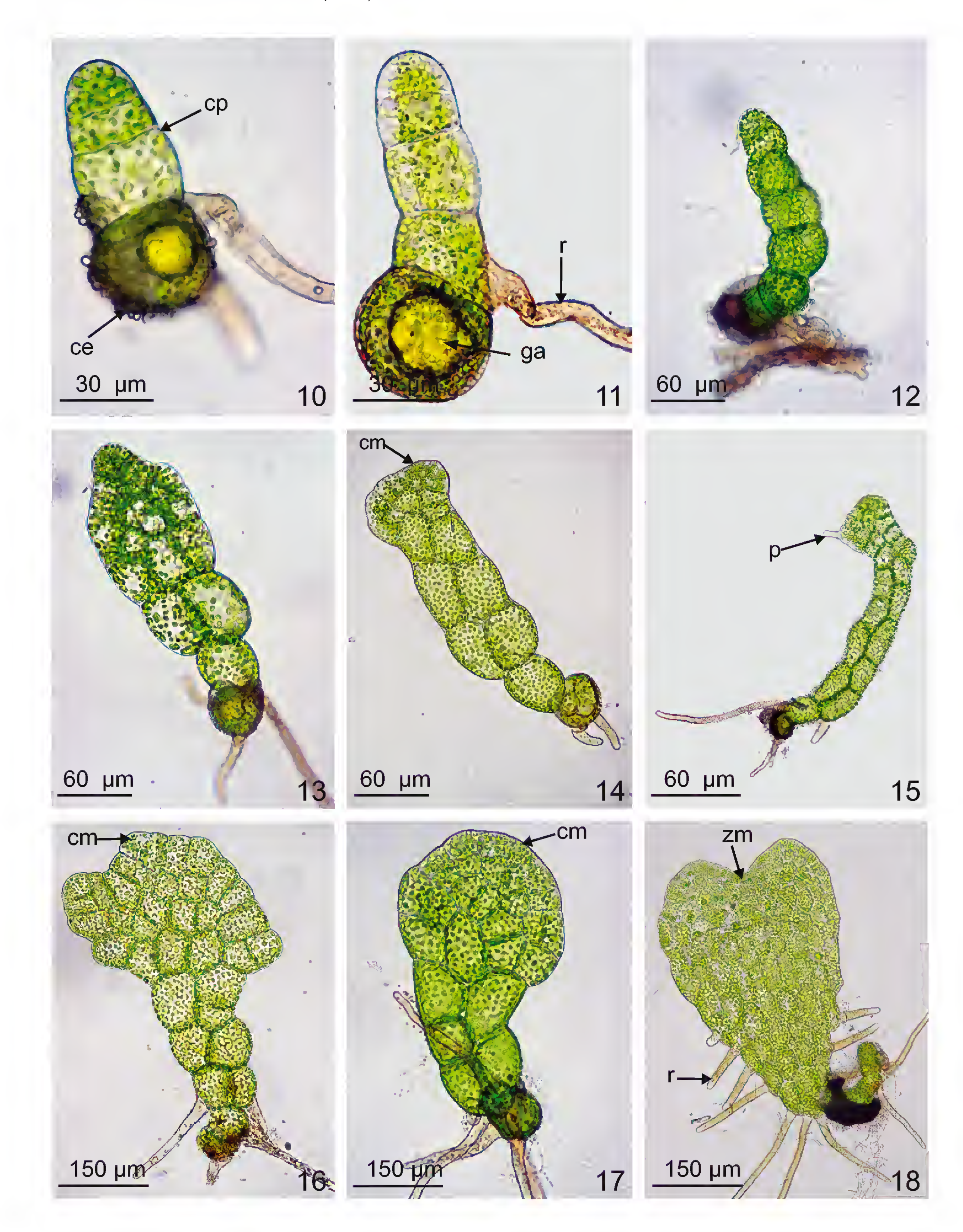
célula rizoidal permanece indivisa y es hialina, mientras que las protálicas presentan abundantes cloroplastos (Figs. 5-9).

Fase filamentosa: Después de la germinación, por divisiones transversales se origina un filamento delgado y uniseriado de 3 a 8 células protálicas de longitud, con numerosos cloroplastos y glóbulos de aceite de color amarillo en la célula protálica inicial, esta fase es efímera, ocurre entre los 10 y los 20 días en promedio para todas las especies (Figs. 10-12).

Fase laminar: En *Polypodium furfuraceum, P. plebeium, P. polypodioides* var. *aciculare, P. polypodioides* var. *polypodioides* y *P. rhodopleuron* el desarrollo del gametofito joven se caracteriza por el establecimiento retardado de la célula meristemática, lo que corresponde al tipo-*Drynaria* (Figs. 13, 14, 16 y 17). Primero se forma una lámina ancha y espatulada que comienza su desarrollo entre los 15 y 25 días (en este momento los protalos jóvenes están aún desnudos; es decir, sin pelos) (Fig. 18), posteriormente adquieren una forma laminar ovada, diferenciándose una célula meristemática a partir de la cual se define un meristemo pluricelular y se desarrolla un cojinete delgado; hacia los 35-45 días aparecen los primeros pelos y entre los 75-80 días los gametofitos adquieren el aspecto espatulado-cordiforme (Figs. 19 y 21).

En *P. fraternum* y *P. lepidotrichum* el desarrollo protálico es de tipo *Aspidium* (Figs. 15, 22), que se caracteriza por la presencia y el desarrollo temprano de pelos. Entre los 18-20 días la célula terminal del filamento germinativo se divide longitudinalmente originando dos, una de las cuales desarrolla un pelo y queda inactiva, mientras que la otra célula se sigue partiendo hasta formar marginalmente una célula meristemática que posteriormente es reemplazada por un meristemo pluricelular (27-28 días), el cual adquiere forma de muesca y se vuelve apical por el crecimiento de las alas del gametofito, dando lugar a un cojinete en posición media. Para los 73 días el protalo maduro es cordiforme y con abundantes pelos unicelulares marginales (Fig. 22).

Fase adulta: Los gametofitos de *P. fraternum* (70-75 días), *P. plebeium* (42-46 días), *P. polypodioides* var. *aciculare* (40-45 días) y *P. rhodopleuron* (60-90 días), son espatulado-cordiformes y ocasionalmente cordiforme-reniformes (Figs. 21, 24, 25). Presentan alas simétricas, una zona meristemática central bien definida, formando una escotadura y un cojinete, los márgenes son irregulares y muestran pelos unicelulares secretores y bicelulares no secretores, que se distribuyen tanto en el borde como en la superficie de la lámina (30-37 días). En la parte posterior del gametofito se localizan abundantes rizoides, hialinos o de color pardo claro y sin cloroplastos.



Figs. 10-18. Fases filamentosas y laminares de *Polypodium*. 10. *P. lepidotrichum* (20 días), 11. *P. rhodopleuron* (14 días), 12. *P. furfuraceum* (22 días), 13-14. *P. plebeium* (22 días), 15. *P. lepidotrichum* (20 días), 16. *P. furfuraceum* (37 días), 17-18. *P. polypodioides* var. *polypodioides* (15-20 días), ce = cubierta de la espora, cm = célula meristemática, cp = célula protálica, ga = glóbulo de aceite, p = pelo, r = rizoide, zm = zona meristemática.

Con respecto a *P. lepidotrichum* (70-75 días), *P. furfuraceum* (70-78 días) y *P. polypodioides* var. *polypodioides* (27-32 días), sus gametofitos adultos son de forma espatulado-cordiforme a cordiforme (Figs. 20, 26), con pelos unicelulares en el margen (Fig. 22-23); los pelos son abundantes en *P. lepidotrichum* (18-20 días) y *P. furfuraceum* (90-98 días), mientras que en *P. polypodioides* var. *polypodioides* son escasos (32-40 días).

Gametangios: En *P. fraternum* (70-75 días), *P. furfuraceum* (70-78 días) y *P. polypodioides* var. *aciculare* (40-45 días), se desarrollaron gametofitos unisexuados femeninos; los arquegonios se localizan ventralmente sobre el cojinete y cerca de la zona meristemática, los cuellos están formados por 4 hileras, cada una con 4 o 5 células de longitud (Figs. 30, 31).

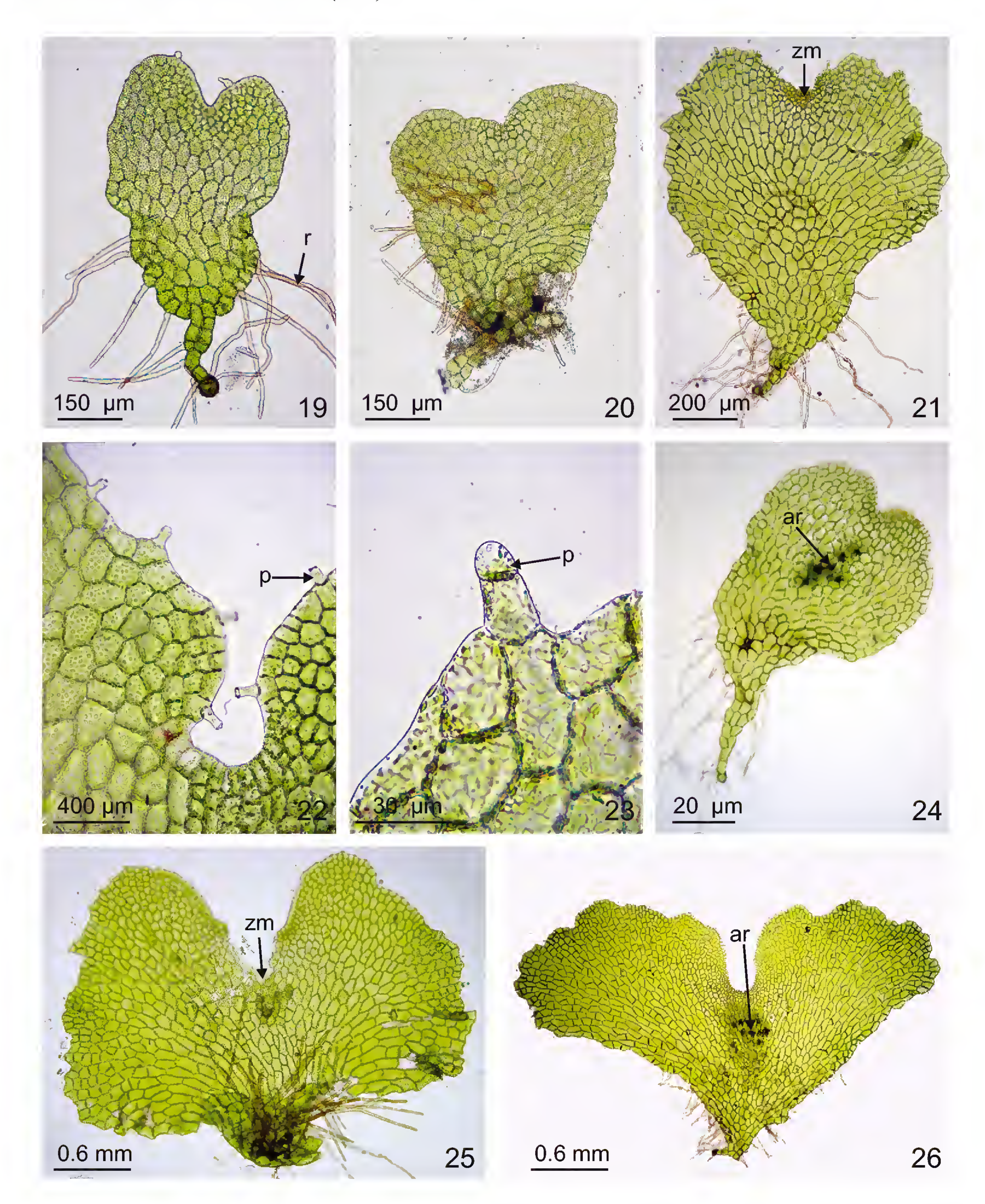
En *P. rhodopleuron* (100-142 días) se formaron gametofitos masculinos; los anteridios se localizan en la parte marginal de las alas y corresponden al desarrollo y estructura descritos para los gametofitos de los helechos homospóricos leptosporangiados. Están constituidos por tres células: una basal, una media (que rodea a las célula espermatógena) y una opercular (Figs. 32, 33); la liberación de los anterozoides se da mediante la apertura de un poro o a través del desprendimiento de la célula opercular (Fig. 33). Cabe señalar que los gametofitos de esta especie se propagan vegetativamente, pues producen yemas marginales desde etapas laminares jóvenes hasta su estado adulto (80-170 días, Figs. 27-29).

Se observaron gametofitos bisexuados en *P. plebeium* (42-46 días) y *P. polypodioides* var. *polypodioides* (27-32 días). Los anteridios se formaron tanto en la parte media del margen del talo como en la posterior sobre la superficie del mismo cercana a los rizoides, y corresponden al desarrollo y estructura descrito para los helechos homospóricos leptosporangiados. Los arquegonios se localizan ventralmente cerca de la zona meristemática y están constituidos por 4 hileras de células, cada una con 4 o 5 células de longitud (*P. plebeium,* 63-68 días y en *P. polypodioides* var. *polypodioides* 40-45 días).

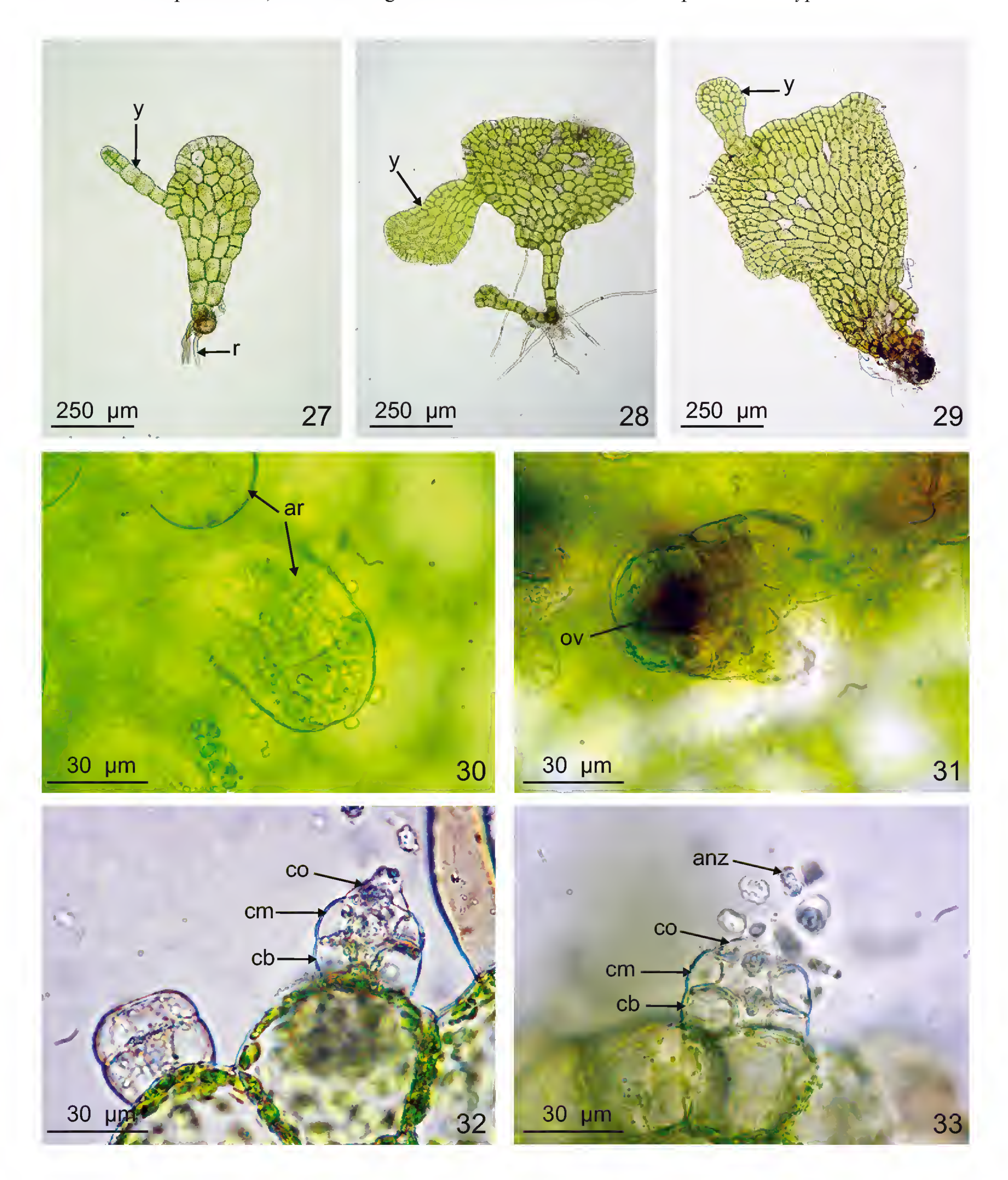
En las poblaciones de *P. lepidotrichum* se formaron talos unisexuados femeninos (70-75 días) y masculinos de tamaño pequeño (160-170 días), además de que se desarrollaron gametofitos por propagación vegetativa a partir de yemas (150-160 días).

DISCUSIÓN

Con respecto a las especies estudiadas en este trabajo, cabe señalar que los siete taxa comparten características constantes como tener esporas monoletes y un



Figs. 19-26. Fases laminares y pelos de *Polypodium*. 19. *P. rhodopleuron* (43 días), 20. *P. furfuraceum* (89 días), 21. *P. plebeium* (80 días), 22. Zona meristemática con pelos, *P. fraternum* (80 días), 23. Pelo bicelular, *P. plebeium* (129 días), 24. Gametofito con arquegonios, *P. polypodioides* var. *aciculare* (73 días), 25. *P. plebeium* (73 días), 26. *P. lepidotrichum* (73 días). ar = arquegonios, p = pelo, r = rizoide, zm = zona meristemática.



Figs. 27-33. Gametofitos con yemas y gametangios de *Polypodium*. 27-29. Gametofitos adultos con yemas en distintos estados de desarrollo, *P. rhodopleuron* (157-164 días), 30. Cuello de arquegonio de *P. polypodioides* var. *aciculare* (65 días), 31. Cuello de arquegonio de *P. fraternum* (95 días), 32-33. Anteridios de *P. lepidotrichum* (180 días). anz = anterozoide, ar = arquegonios, cb = célula basal, cm = célula media, co = célula opercular, ov = ovocélula, r = rizoide, y = yemas.

perisporio verrucado a tuberculado, con un tamaño promedio de 40 a 75 μm, siendo las más pequeñas las de *Polypodium polypodioides* var. *aciculare* y *P. polypodioides* var. *polypodioides* y las más grandes las de *P. rhodopleuron* (Figs. 1-4), lo que coincide con las características y el intervalo registrados por otros autores para algunas especies de *Polypodium* (Tryon y Tryon, 1982; Reyes-Jaramillo y Pérez-García, 1994; Giudice et al., 2004; Gabriel y Galán et al., 2008). En lo que se refiere al patrón de germinación, todos los taxa presentan el tipo *Vittaria* (6-12 días) y una fase filamentosa que va de 3 a 8 células protálicas. Tanto las características de las esporas como el mencionado modelo coinciden con los señalados por Nayar y Kaur (1968, 1969, 1971) para las Polypodiaceae.

Se encontraron diferencias en el patrón de desarrollo protálico. En *Polypodium furfuraceum*, *P. plebeium, P. polypodioides* var. *aciculare, P. polypodioides* var. *polypodioides* y *P. rhodopleuron* se presentó el tipo *Drynaria*, mientras que en *P. fraternum* y *P. lepidotrichum* fue de tipo *Aspidium*. En este sentido, es importante resaltar que *P. fraternum* y *P. rhodopleuron* pertenecen a un mismo complejo de especies, el de *P. plesiosorum* (Moran y Riba, 1995), sin embargo presentan distintos patrones de desarrollo (tipo *Aspidium* el primero, *Drynaria* el segundo), lo cual puede ser taxonómicamente significativo sobre todo si consideramos que Tejero-Díez (2005), quien trabajó con este complejo de especies utilizando las características morfológicas y anatómicas del rizoma, de las escamas, de la hoja y de las esporas, concluye que éste constituye un taxon polifilético. *P. hispidulum*, *P. plesiosorum* y *P. rhodopleuron* pertenecen a un grupo, mientras que el resto de las especies, entre las que se encontraría *P. fraternum*, forman parte de otros, lo que coincidiría con la diferencia aquí registrada. En lo que se refiere a *P. lepidotrichum*, que también presenta un desarrollo protálico distinto de los taxa del complejo de especies de *P. polypodioides* que se incluyen en el presente estudio, podemos decir que a diferencia del caso anterior, no se ha realizado aún una revisión taxonómica incluyendo estudios de otros caracteres morfológicos, aunque Reyes-Jaramillo y Pérez-García (1994) habían inferido el mismo tipo de desarrollo protálico en el taxon, razón por la cual se incluyó nuevamente esta especie en el presente estudio. Al respecto, cabe recordar que ya en trabajos, como el de Stokey (1959), se ha propuesto la significancia del desarrollo gametofítico en la delimitación de grupos de taxa, por lo que sería interesante estudiar la morfogénesis de las demás especies que integran a los complejos de *P. plesiosorum* y *P. polypodioides*, para establecer si en este caso hay una relación entre la circunscripción infragenérica y el desarrollo protálico.

Por otro lado se observó una variación en la expresión sexual de los siete taxa, formándose sólo gametofitos femeninos (unisexuados) en *P. fraternum*, *P.*

furfuraceum y *P. polypodioides* var. *aciculare*; protalos masculinos (unisexuados) y yemas (propagación vegetativa) en *P. rhodopleuron;* gametofitos unisexuales femeninos, masculinos y propagación vegetativa en *P. lepidotrichum* y protalos bisexuales en *P. plebeium* y *P. polypodioides* var. *polypodioides*. En este sentido, es importante recordar que en los helechos homospóricos se ha registrado la presencia de tres tipos de fecundación, el primero es denominado apareamiento intergametofítico, en el que se produce la fusión de gametos procedentes de distintos gametofitos desarrollados a partir de esporas de diferentes esporofitos de la misma especie; el segundo se conoce como autofecundación intergametofítica en la que se unen gametos de diferentes gametofitos que proceden de esporas del mismo esporofito; y la tercera es la autofecundación intragametofítica, en la que se unen gametos generados en el mismo gametofito (Chiou et al., 2002). Cada uno de estos tipos de fecundación puede relacionarse de manera indirecta con la expresión sexual que se presenta en las distintas especies estudiadas, por ejemplo en los taxa que sólo tienen gametofitos unisexuales (*P. fraternum*, *P. furfuraceum, P. polypodioides* var. *aciculare* y *P. rhodopleuron*) se ve favorecida la fecundación intergametofítica; mientras que en aquellos en los que se presentan gametofitos femeninos y gametofitos masculinos de menor tamaño (*P. lepidotrichum*), es probable que se esté produciendo lo que se conoce como efecto anteridiógeno, mediante una sustancia secretada por gametofitos femeninos adultos que promueve la formación de protalos masculinos, incrementándose la probabilidad de que se dé la autofecundación intergametofítica y por último los que desarrollan gametofitos bisexuales (*P. plebeium* y *P. polypodioides* var. *polypodioides*), están llevando a cabo la autofecundación intragametofítica.

La propagación vegetativa a partir de yemas en los gametofitos de especies epífitas se ha relacionado con las características particulares del hábitat, en el que la presencia de otros organismos vegetales (como por ejemplo musgos) hace que las interacciones entre los protalos sean más complejas que en un ambiente terrestre, siendo necesario alargar significativamente la vida activa de la fase sexual hasta que se den las condiciones que permitan la fecundación intergametofítica (Chiou y Farrar, 1997b; Shorina, 2001; Chiou et al., 2002). En este caso, si bien todas las especies estudiadas tienen hábito epífito, en sólo dos de ellas (*P. lepidotrichum* y *P. rhodopleuron*) sus gametofitos vegetativos formaron yemas.

Son diversos los trabajos en los que se ha señalado que *Polypodium*, tal como tradicionalmente se define, es polifilético (Haufler y Ranker, 1995 y Schneider et al., 2004), de ahí la importancia de encontrar caracteres alternativos que contribuyan junto con otras fuentes de información, como la morfología del esporofito, la ana-

tomía, la biología molecular etc., a establecer de manera más clara, los límites del género. Por ello es importante resaltar que la información generada hasta el momento para algunas especies de *Polypodium* y la obtenida en este estudio, muestran que si bien las características de las esporas y el tipo de germinación son constantes a nivel genérico, no ocurre lo mismo con el desarrollo protálico, lo que pudiera ser de utilidad en la delimitación taxonómica.

Finalmente, si bien son diversos los trabajos en los que se indica la importancia de tener distintos patrones de expresión sexual, en la colonización de nuevos hábitats así como en el mantenimiento de la diversidad genética (Cousens, 1975; Chiou y Farrar, 1997a, 1997b; Shorina, 2001; Wubs et al., 2010), es necesario continuar con trabajos experimentales que nos permitan tratar de entender la dinámica de este proceso, especialmente en los helechos epífitos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Ricardo Valdez Ávila el apoyo brindado en la parte experimental del trabajo. A Jacqueline Ceja Romero por la revisión crítica del manuscrito, así como por sus comentarios para enriquecer el contenido de este artículo y finalmente a los revisores anónimos por sus valiosas sugerencias.

LITERATURA CITADA

Agnew, N., A. McCabe y D. L. Smith. 1984. Photocontrol of spore germination in *Polypodium vulgare*. New Phytol. 96: 167-178.

Agnew, N., A. McCabe y D. L. Smith. 1985. Photocontrol of protonema growth in *Polypodium vulgare* L. Proc. Roy. Soc. Edinburgh 86: 448-456.

Atkinson, L. R. 1973. The gametophytes and family relationships. In: Jermy, A. C., J. A. Crabbe y B. A. Thomas (eds.). The phylogeny and classification of the ferns. Bot. J. Linn. Soc. (Suppl 1.) 67: 73-90.

Atkinson, L. R. y A. G. Stokey. 1964. Comparative morphology of the gametophyte of homosporous ferns. Phytomorphology 14: 51-70.

Atkinson, L. R. y A. G. Stokey. 1970. Gametophyte of *Polypodium chnoodes*. Phytomophology 20: 363-367.

Chiou, W. L. y D. R. Farrar. 1997a. Antheridiogen production and response in Polypodiaceae species. Amer. J. Bot. 84: 663-640.

Chiou, W. L. y D. R. Farrar. 1997b. Comparative gametophyte morphology of selected species of the family Polypodiaceae. Amer. Fern J. 87: 77-86.

Chiou, W. L., D. R. Farrar y T. A. Ranker. 2002. The mating systems of some epiphytic Polypodiaceae. Amer. Fern J. 92: 65-79.

Cousens, M. L. 1975. Gametophyte sex expression in some species of *Dryopteris*. Amer. Fern J. 65: 39-42.

Davie, J. H. 1951. The development of the antheridium in the Polypodiaceae. Amer. J. Bot. 38: 621-628.

Davie, S. 1978. Studies on spore morphology of some members of Polypodiaceae. Brenesia 14(15): 283-303.

Gabriel y Galán, J. M., C. Prada y C. Rolleri. 2008. Germinación de la espora, morfología del gametofito y expresión sexual de *Polypodium feuillei* Bertero (Polypodiaceae). Gayana Bot. 65: 14-22.

Giudice, G. E., M. A. Morbelli, M. R. Piñeiro, M. Copello y G. E. Source. 2004. Spore morphology of the Polypodiaceae from northwestern Argentina. Amer. Fern J. 94: 9-27.

Hartman, M. E. 1931. Anteridial dehiscence in the Polypodiaceae. Bot. Gaz. (Crawfordsville) 91: 252-276.

Haufler, C. H. y T. A. Ranker. 1995. *Rbcl* sequences provide phylogenetic insights among sister species of the fern genus *Polypodium*. Amer. Fern J. 85: 361-374.

Klekowski, E. J. 1969. Reproductive biology of the Pteridophyta. III. A study of Blechnaceae. Bot. J. Linn. Soc. 62: 361-377.

Knudson, L. 1940. Permanent changes of chloroplast induced by X rays in the gametophytes of *Polypodium aureum*. Bot. Gaz. (Crawfordsville) 101: 721-758.

Kott, L. S. y R. L. Peterson. 1974. A comparative study of gametophyte development in the diploid and tetraploid race of *Polypodium virginianum*. Canad. J. Bot. 52: 91-96.

Mickel, J. T. y A. R. Smith. 2004. The pteridophytes of Mexico. Mem. New York Bot. Gard. 88: 1-1054.

Moran, R. C. y R. Riba. 1995. Flora Mesoamericana. Vol. 1. Psilotaceae a Salviniaceae. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Missouri Botanical Garden y The Natural History Museum, London. México, D.F. 470 pp.

Muccifora, S. 2008. Effects of copper on spore germination, growth and ultraestructure of *Polypodium cambricum* (L.) gametophytes. Environm. Pollut. 153: 369-375.

Nayar, B. K. 1955. Studies in Polypodiaceae III. *Loxogramme*. J. Indian Bot. Soc. 34: 396-407.

Nayar, B. K. 1962. Morphology of spores and prothalli of some species of Polypodiaceae. Bot. Gaz. (Crawfordsville) 123: 223-232.

Nayar, B. K. y P. Kachroo. 1953. Studies in Polypodiaceae I- Contributions to the morphology of *Drynaria* Bory, *D. quercifolia* (L.) J. Sm. and *D. propinqua* (Wall.) J. Sm. Phytomorphology 3: 411-424.

Nayar, B. K. y S. Kaur. 1968. Spore germination in homosporous ferns. J. Palynology 4: 1-14.

Nayar, B. K. y S. Kaur. 1969. Types of prothallial development in homosporous ferns. Phytomorphology 19: 179-188.

Nayar, B. K. y S. Kaur. 1971. Gametophytes of homosporous ferns. Bot. Rev. (Lancaster) 37: 295- 396.

Nayar, B. K. y F. Raza. 1970. Morphology of the prothalli of some species of the Polypodiaceae - II: *Lepisorus loriformis,* L. *thunbergianus*, *Polypodium vulgare* and *Weatherbya accedens.* J. Indian Bot. Soc. 49: 81-86.

Pérez-García, B., A. Mendoza, R. Riba y L. D. Gómez-Pignataro. 2001. Development of the sexual phase of *Pseudocolysis bradeorum* (Polypodiaceae). Amer. Fern J. 91: 214-226.

Pickett, F. L. y L. A. Thayer. 1927. The gametophytic development of certain ferns: *Polypodium vulgare* var. *occidentale* and *Pellaea densa*. Bull. Torrey Bot. Club 54: 249-255.

Raghavan, V. 1974. Control of differentiation in the fern gametophyte. Amer. Sci. 62: 465-475.

Raghavan, V. 1980. Cytology, physiology and biochemistry of germination of fern spores. Int. Rev. Cytol. 62: 69-118.

Raghavan, V. 1985. Cytology of germination of spores of homosporous ferns. Proc. Roy. Soc. Edinburgh B 86: 5-12.

Raghavan, V. 1989. Developmental biology of ferns gametophytes. Cambridge University Press. Cambridge. 361 pp.

Ramírez, M. R. y B. Pérez-García. 1998. Fase gametofítica del helecho *Microgramma nítida* (Polypodiaceae). Rev. Biol. Trop. 46(3): 587-593.

Ranal, M. A. 1991. Germination of *Polypodium hirsutissimum* spores and antheridia formation in darkness. Rev. Brasil. Biol. 51: 675-679.

Reixach, N. J., J. C. Irrure-Santilari, E. Mele, J. Messeguer y F. Camps. 1996. Biosynthesis of ecdysteroids in vitro prothalli cultures of *Polypodium vulgare.* Phytochemistry 43: 597-602.

Reyes-Jaramillo, I. y B. Pérez-García. 1994. Morfología y estrategias reproductivas de *Polypodium lepidotrichum* (Fee) Maxon (Polypodiaceae). Acta Bot. Mex. 28: 71-78.

Reyes-Jaramillo, I., B. Pérez-García y A. Mendoza-Ruiz. 2003. Morfogénesis de los gametofitos de especies mexicanas de *Pleopeltis* (Polypodiaceae, subfamilia Pleopeltoideae). Rev. Biol. Trop. 51(2): 321-332.

Roy, S. K. 1987. Inhibitory effect of licorine on spore germination and gametophyte development of *Polypodium verrucosum* Wall. Curr. Sci. 56: 423-425.

Schneider, H., A. R. Smith, R. Cranfill, T. E. Hildebrand, C. H. Haufler y T. A. Ranker. 2004. Unraveling the phylogeny of polygrammoid ferns (Polypodiaceae and Grammitidaceae): exploring aspects of the diversification of epiphytic plants. Molec. Phylog. Evol. 31: 1041-1063.

Shorina, N. I. 2001. Population biology of gametophytes in homosporous Polypodiophyta. Russ. J. Ecol. 32: 164-169.

Smith, A. R., K. M. Pryer, E. Schuettpelz, P. Korall, H. Schneider y P. G. Wolf. 2006. A classification for extant ferns. Taxon 55(3): 705-731.

Smith D. L. 1972. Staining and osmotic propierties of young gametophytes of *Polypodium vulgare* L. and their bearing on rhizoid function. Protoplasma 74: 465-479.

Smith, D. L. y P. M. Robinson. 1969. The effects of fungi on morphogenesis of gametophytes of *Polypodium vulgare* L. New Phytol. 68: 113-122.

Smith, D. L. y P. M. Robinson. 1971. Growth factors produced by germinating spores of *Polypodium vulgare* L. New Phytol. 70: 1043-1052.

Smith, D. L. y P. M. Robinson. 1975. The effects of spore age on germination and gametophyte development in *Polypodium vulgare* L. New Phytol. 74: 101-108.

Smith, D. L. y P. G. Rogan. 1970. The effects of population density on gametophyte morphogenesis in *Polypodium vulgare L*. New Phytol. 69: 1039-1051.

Smith, D. L., P. M. Robinson y R. N. Govier. 1973. Growth factors by gametopytes of *Polypodium vulgare* L. grown under red and blue light. New Phytol. 72: 1261-1268.

Spies, L. D. y W. G. Krouk. 1977. Photocontrol of germination of spores of the fern *Polypodium aureum*. Bot. Gaz. (Crawfordsville) 138: 428-433.

Steil, W. N. 1921. The development of prothallia and antheridia from the sex organs of *Polypodium iridiodes*. Bull. Torrey Bot. Club. 48: 271-284.

Stokey, A. G. 1951. The contribution by the gametophyte to classification of the homosporous ferns. Phytomorphology 1: 34-58.

Stokey, A. G. 1959. *Polypodium pectinatum* and *P. plumula* - Polypodiaceae or Grammitidiaceae. Amer. Fern J. 49: 142-146.

Tejero-Díez, J. D. 2005. Revisión taxonómica del complejo *Polypodium plesiosorum* Kunze (Polypodiaceae, Polypodiophyta). Tesis doctoral. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. México, D.F. 129 pp.

Tryon, R. M. y A. F. Tryon. 1982. Ferns and allied plants with special reference to tropical America. Springer-Verlag. Nueva York. pp. 715-722.

van Uffelen, G. A. 1997. The spore wall in Polypodiaceae, development and evolution. In: Johns, R. J. (ed.). Holttum Memoral Volume. Royal Botanic Gardens. Kew. pp. 95-118.

Welling, C. B. y C. H. Haufler. 1993. Antheridiogen and its puzzling effects on *Polypodium australe*. Amer. J. Bot. 80 (Supplement): 113-121.

Wubs, E. R., G. A. de Groot, H. J. During, J. C. Vogel, M. Grundmann, P. Bremer y H. Schneider. 2010. Mixed mating system in the fern *Asplenium scolopendrium*: implications for colonization potential. Ann. Bot. 106: 583-590.

Wuist, E. D. 1916. Branched prothallia in the Polypodiaceae. Bull. Torrey Bot. Club 43: 365-383.

Recibido en mayo 2011.

Aceptado en septiembre 2011.



Acta Botanica Mexicana 98: 23-49 (2012)

FLORÍSTICA Y DIVERSIDAD DE LAS CIÉNEGAS DEL RÍO LERMA ESTADO DE MÉXICO, MÉXICO

Carmen Zepeda-Gómez[1,4], Antonio Lot-Helgueras[2], Xanat Antonio Nemiga[3] y Delfino Madrigal-Uribe[3]

[1]Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ciencias, Instituto Literario 100, 50000 Toluca, Estado de México, México.
[2]Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología, Ciudad Universitaria, 04510 México, D.F., México.
[3]Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Geografía, Instituto Literario 100, 50000 Toluca, Estado de México, México.
[4]Autora para la correspondencia: zepedac@uaemex.mx

RESUMEN

Las ciénegas de Lerma o de Chignahuapan, Chimaliapan y Chiconahuapan son áreas naturales protegidas, importantes para la conservación de aves y una de las regiones hidrológicas prioritarias, amenazadas y con alta diversidad biológica en México. No obstante, hay poca información actualizada sobre su vegetación, aun cuando están en franco peligro de desaparecer. En este estudio se identificó la flora vascular acuática y las variaciones de la diversidad vegetal de los tres cuerpos de agua, a partir de la colecta de todas las especies presentes; adicionalmente se aplicó el método de la línea intercepto en 20 a 40 sitios de cada cuerpo de agua. Se encontró una riqueza florística de 97 especies de plantas vasculares incluidas en 39 familias y 65 géneros. De los elementos registrados 46% fueron acuáticos estrictos, 31% subacuáticos y 20% tolerantes. Las familias Cyperaceae, Asteraceae, Lemnaceae, Poaceae, Apiaceae y Polygonaceae fueron las mejor representadas. La diversidad de las ciénegas de Lerma es relativamente alta (índice de Shannon = 3.2) y presenta variaciones particulares en cada humedal. Chiconahuapan muestra los valores más altos y proporciona heterogeneidad florística a los humedales. La prevalencia de malezas terrestres y acuáticas sugiere un deterioro continuo de estos hábitats; sin embargo, la presencia de especies características de áreas lacustres y de distribución restringida indica que las ciénegas aún poseen una diversidad vegetal significativa. Desafortunadamente estos sistemas están sujetos a cambios negativos drásticos e irreversibles, si las condiciones de perturbación, contaminación y disminución del nivel de agua no se revierten.

Palabras clave: ciénegas de Lerma, Chiconahuapan, Chignahuapan, Chimaliapan, diversidad, florística, México.

ABSTRACT

The Lerma marshes also known as Chignahuapan, Chimaliapan and Chiconahuapan are natural protected areas and bird conservation zones. They are one of the priority hydrological regions, threatened and highly diverse in Mexico. However there is little updated information about their vegetation, even when they are in clear danger of disappear. This study identified the aquatic vascular flora and the changes in plant diversity of the three bodies of water by means of the collection of all species; additionally we applied the line-intercept method in 20 to 40 sites of each water body. We find 97 species of vascular plants included in 39 families and 65 genera. Forty-six percent are strict aquatic, 31% sub-aquatic and 20% tolerant. The families Cyperaceae, Asteraceae, Lemnaceae, Poaceae, Apiaceae and Polygonaceae are the better represented. The diversity of Lerma marshes is relatively high (Shannon index = 3.2) and presents particular variations in each wetland. Chiconahuapan shows the highest values and provides floristic heterogeneity to wetlands. The prevalence of terrestrial and aquatic weeds suggests a continued deterioration of these habitats; however, the presence of species characteristic of flooded areas and with restricted distribution suggests that the marshes still have significant plant diversity. Unfortunately these systems are subject to drastic and irreversible negative changes, if the conditions of disturbance, pollution and declining water levels are not reversed.

Key words: Chiconahuapan, Chignahuapan, Chimaliapan, diversity, floristic, Lerma wetlands.

INTRODUCCIÓN

Las ciénegas pertenecen al grupo de los ecosistemas palustres también conocidos como humedales; se trata de espacios dinámicos que tienen importancia local y regional, ya que regulan el ciclo hidrológico y la calidad del agua (Mitsch y Gosselink, 1993; Tiner, 1999), son hábitats para organismos dulceacuícolas y esenciales para muchas especies terrestres al ser sitios de anidamiento y de residencia de varias aves migratorias (Holland et al., 1990). En un contexto amplio, los humedales son importantes reguladores del flujo de nutrientes y sedimentos entre ambientes

acuáticos y terrestres (Holland et al., 1990; Mitsch y Gosselink, 1993). Las características particulares de estos cuerpos de agua presuponen variaciones estructurales y funcionales de sus comunidades vegetales, expresadas en las diferentes formas de vida de las hidrófitas (Sculthorpe, 1985). Las plantas acuáticas estrictas y las subacuáticas, además de ser los productores primarios de los cuerpos de agua, juegan un papel esencial en el equilibrio, desarrollo y funcionamiento de los ambientes inundados, ya que los servicios ambientales que proporcionan son fundamentales en la salud, así como en la conservación del hábitat lacustre y en consecuencia en la diversidad biológica (Cronk y Fennessy, 2001; Lot y Novelo, 2004).

Las tres ciénegas del río Lerma son también conocidas bajo el nombre de Chignahuapan, Chimaliapan y Chiconahuapan, forman parte de la cuenca alta del río Lerma, en el centro de México. Estos humedales tienen un papel importante en el almacenamiento e infiltración de agua porque funcionan como vasos reguladores de inundaciones (Pérez-Ortiz y Valdez, 2006), además poseen especies endémicas y nativas en riesgo, algunas de importancia estética y económica (Pérez-Ortiz y Valdez, 2006), por lo que han sido decretadas áreas naturales protegidas (Anónimo, 2002a; Pérez-Ortiz y Valdez, 2006) y de importancia para la conservación de aves (Arizmendi y Márquez, 2000), pues constituyen el hábitat prioritario de numerosos grupos residentes y migratorios (Anónimo, 2006). Además de su riqueza biológica y su funcionalidad ecológica, las ciénegas de Lerma aún son base de actividades productivas y socioculturales. Localmente todavía existen economías extractivas y de sustento basadas en el uso de especies de flora y fauna acuática, pesca artesanal, recolección de invertebrados y plantas, caza tradicional de aves, cultivo en chinampas y pastoreo. Sin embargo, los vestigios de las ciénegas de Lerma se encuentran en un avanzado proceso de contaminación, desecación y fragmentación que ha impactado dramáticamente en la pérdida de su biodiversidad y en las actividades humanas relacionadas con las mismas, como también ocurre en otros cuerpos de agua del centro de México (Lot y Zepeda, 2009).

Toda la cuenca alta de Lerma posee 11.8% de especies de plantas acuáticas de México, 17% de los géneros y 36% de las familias (Ramos, 2000), además de ser la región más rica en familias de hidrófitas estrictas dentro del estado (Lot et al., 1986, Lot et al., 1998). No obstante, existen pocos estudios botánicos de esta región, algunos de ellos sólo citan especies de zonas inundadas dentro del análisis que hacen para grupos de plantas terrestres de toda la entidad mexiquense, como los realizados para gramíneas (Dávila, 2009), orquídeas (Aguirre-León, 2009) y helechos (Tejero-Díez y Arreguín-Sánchez, 2004; Tejero-Díez, 2009). La contribución de Rioja y Herrera (1951) es la primera aportación al conocimiento de la flora del

valle de Toluca y en particular de la región de Lerma. En el mismo contexto está el trabajo de Ramírez y Herrera (1954). El estudio de Ramos (2000) se considera la investigación más importante sobre la flora acuática de la región, ya que examina la composición florística de ocho tipos de cuerpos de agua artificiales y naturales presentes en toda cuenca alta de Lerma y describe su vegetación en función de las formas de vida de las plantas que crecen en ellos; reporta 277 especies de hidrófitas estrictas, subacuáticas y tolerantes, y concluye que los ambientes lóticos y lénticos de la cuenca se encuentran en un estado de deterioro importante.

Dada la situación que presentan estos humedales y la amenaza sobre su diversidad biológica, surge la necesidad apremiante de conocer la flora que aún albergan. Por ello, el presente trabajo se propone describir la vegetación acuática y la riqueza vegetal en los tres cuerpos de agua que conforman a las ciénegas de Lerma. La información generada puede aportar criterios y establecer las bases para que en el futuro se planeen estrategias de preservación, manejo y uso de los recursos de estos ambientes.

Área de estudio

Este trabajo se realizó en las tres ciénegas de Lerma; 1) Chignahuapan o Laguna de Almoloya del Río, 2) Chimaliapan o Laguna Lerma y 3) Chiconahuapan o Laguna de Atarasquillo. Las áreas pantanosas forman parte del sistema hidrológico Lerma-Chapala-Santiago y se ubican en el curso alto de la cuenca alta del río Lerma en el Estado de México; son los reductos de 27,000 ha de humedales que había en la zona y que formaban un continuo a finales del siglo XIX (Martínez, 1993), actualmente sólo cubren un total de 3023 ha.

La ciénega de Chignahuapan se ubica entre las coordenadas 19°08' - 19°09' latitud norte y 99°29' - 99°31' longitud oeste, a una altitud de 2580 m, posee una extensión aproximada de 596 ha. La de Chimaliapan es la más grande de las tres, abarca 2081 ha y está comprendida entre los 19°13' - 19°16' latitud norte y 99°29' - 99°31' longitud oeste, a 2560 m s.n.m. Chiconahuapan se localiza a 2560 m s.n.m. tiene una extensión de 346 ha y se encuentra entre los 19º20' - 19º21' latitud norte y 99º29' - 99º31' longitud oeste (Fig. 1).

La región se caracteriza por el clima templado subhúmedo con lluvias en verano (C(w_2)(w)b(i)g), con temperatura media anual de 12 °C y precipitación media anual de 800 a 1200 mm (Vásquez, 1999). Los suelos predominantes son histosoles, poseen una capa orgánica de 40 cm o más de profundidad formada por la acumulación de grandes cantidades de material vegetal en áreas inundadas. En las zonas aledañas es posible encontrar cambisoles, andosoles, vertisoles y regosoles. La

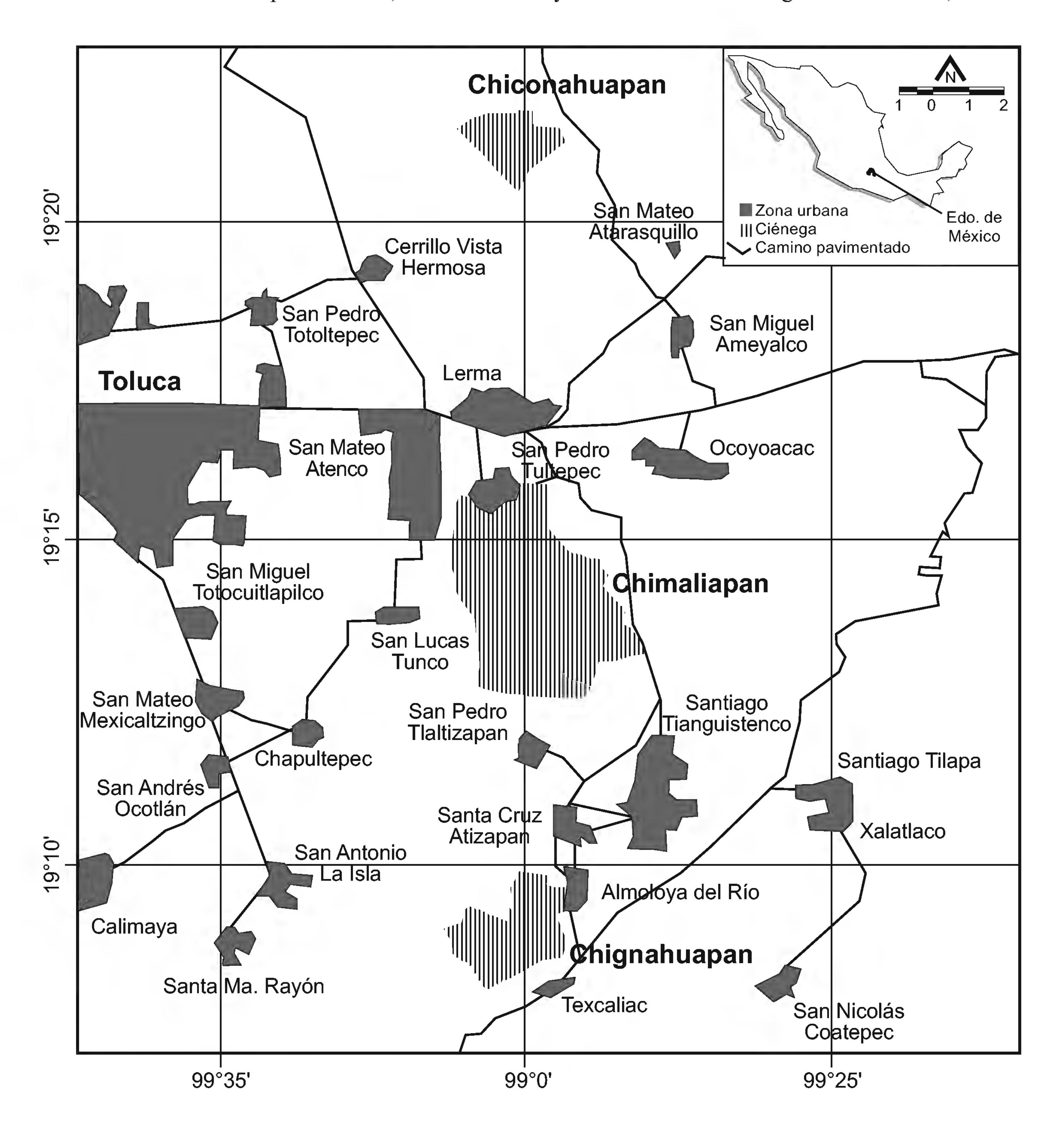


Fig. 1. Ubicación de las tres ciénegas de Lerma en el Estado de México.

composición geológica de la región se encuentra conformada fundamentalmente por rocas clásticas y volcanoclásticas, los depósitos más abundantes son los aluviones (Vásquez, 1999).

En el complejo de humedales de Lerma existen zonas de agua abierta y permanente con una profundidad máxima de 2.5 m, donde prosperan hidrófitas libres

sumergidas, de hojas flotantes y libres flotadoras, su extensión es menor de 35% de la superficie actual de cada ciénega. Rodeando estos espacios se extienden amplias franjas sometidas a inundación estacional o ciénegas, en las cuales la profundidad máxima no supera los 120 cm y donde la vegetación está constituida principalmente por hidrófitas enraizadas emergentes que forman comunidades localmente denominadas tulares (Ramos, 2000). La extensión de los terrenos lacustres en cada ciénega se ve afectada por el régimen de lluvias, durante el año se presentan periodos de inundación de 6 a 8 meses, después de los cuales el nivel del agua disminuye gradualmente hasta crear, en algunos casos, zonas con suelos sólo saturados de humedad. Las variaciones en el nivel de agua de las tres ciénegas han permitido el desarrollo de plantas terrestres tolerantes, las cuales pueden soportar, por cortos periodos de tiempo, suelos inundados o con alta humedad (Ramos, 2000).

MÉTODO

Flora

En cada ciénega se colectaron, entre mayo y noviembre del 2008, los representantes de todas las plantas acuáticas, subacuáticas y tolerantes presentes y con esta información se elaboró una lista general de especies, la cual se ordenó siguiendo la clasificación de Cronquist (1981) y Brummitt (1992) para las plantas con flor y de Tryon y Tryon (1982) para los helechos. Los nombres de los autores de las especies se abreviaron de acuerdo con Brummitt y Powell (1992). En el caso de las consideradas en riesgo se anotó la categoría de protección según la NOM-059-ECOL-2001 (Anónimo, 2002b) y se indicaron las endémicas a Megaméxico de acuerdo con el criterio de Rzedowski (1998). Las clases de plantas acuáticas, subacuáticas, tolerantes y riparias se reportan según Lot y Novelo (1978), Lot et al. (1999) y Rzedowski y Rzedowski (2001), las formas de vida con base en Sculthorpe (1985) y las malezas de acuerdo con Espinosa y Sarukhán (1997) y Rzedowski y Rzedowski (2001).

Clasificación de la vegetación

Para describir y caracterizar la vegetación dominante de las ciénegas se seleccionaron sistemáticamente de 20 a 40 sitios de muestreo por ciénega. La selección se hizo en función de la magnitud del área inundada y la accesibilidad del terreno. En cada sitio se realizó un levantamiento por el método de línea intercepto de acuerdo con lo propuesto por Matteucci y Colma (1982). Esta técnica es usada en estudios

de comunidades donde las plantas individuales son difíciles de distinguir y contar (por ejemplo, gramíneas y ciperáceas); en tales casos las evaluaciones y los cálculos respectivos no consideran tallos separados sino grupos de plantas (Brower et al., 1997). Por el tamaño y el agrupamiento de los organismos se utilizaron dos líneas de 10 m de longitud por sitio de muestreo y en cada una se determinó la presencia de las especies a intervalos de 0.5 m y se midió la longitud que cada planta o grupo de ellas interceptó en la línea.

Para conocer las especies con mayor valor de importancia (VI) de las ciénegas, se calculó de acuerdo con Brower et al. (1997): 1) la densidad relativa (Dr = número de individuos de la especie *i*/número total de individuos de todas las especies), 2) la cobertura relativa (Cr = suma de longitudes interceptadas por la especie *i*/suma de longitudes interceptadas de todas las especies), 3) la frecuencia (F = número de intervalos interceptados por la especie *i*/número total de intervalos de la línea), 4) la frecuencia relativa (Fr = frecuencia de la especie *i*/suma de frecuencias de todas las especies) y 5) el valor de importancia (VI = suma de los valores relativos de densidad, cobertura y frecuencia).

La presencia de grupos florísticos en las ciénegas en conjunto y para cada una de ellas se determinó mediante un análisis de clasificación con el método de Ward (varianza mínima) con medidas de distancia euclidiana en el programa Statistica 7. Este método permite distinguir conjuntos según su importancia proporcional calculada en función de los valores relativos de densidad, cobertura y frecuencia de cada especie.

Diversidad

Las estimaciones de diversidad alfa (intra-hábitat) se calcularon usando el índice de Shannon (H´) (Zar, 1999) en el programa Past 1.90 (Hammer et al., 2001). Los valores así obtenidos para cada ciénega se compararon por medio de una prueba de t-Student modificada (Zar, 1999) para establecer diferencias significativas. También se calculó el valor de uniformidad de Pielou (J´) y el índice de Fisher (α) (Moreno, 2001). La diversidad beta se estimó por el inverso del índice de similitud de Morisita-Horn, calculado mediante un análisis de clasificación utilizando la estrategia aglomerativa de la media aritmética sin ponderación (UPGMA: Unweighted Pair Group Method using Arithmetic averages) para datos de abundancia en el programa Past 1.90 (Hammer et al., 2001). A diferencia de otros métodos, en los cuales sólo se considera la presencia-ausencia de las especies, el cálculo de la similitud de Morisita-Horn permite una comparación cuantitativa de las comunidades, porque incluye valores de riqueza-abundancia de las mismas (Moreno, 2001). El valor obte-

nido puede variar desde 0 (entidades disímiles) hasta un máximo próximo a uno que indica comunidades idénticas (Brower et al., 1997).

RESULTADOS

Flora

En las tres ciénegas del Lerma se registraron 95 especies de angiospermas y dos de pteridofitas. Todo el conjunto se agrupa en 39 familias y 65 géneros (Apéndice 1). Las familias mejor representadas fueron: Cyperaceae y Asteraceae con 11 especies, Lemnaceae y Poaceae con 8 y Apiaceae y Polygonaceae con 6, las restantes tuvieron números menores.

De la lista florística, 40 especies (41.2%) corresponden a plantas acuáticas, 33 (34%) subacuáticas y 23 (23.7%) tolerantes (Apéndice 1). Considerando solo las categorías de acuáticas y subacuáticas, el mayor porcentaje (65.7%) estuvo representado por hidrófitas enraizadas emergentes, seguido de las libre flotadoras (15%) y enraizadas sumergidas (6.8%), mientras que las enraizadas de hojas flotantes, las de tallos postrados y las libre sumergidas tuvieron cada una porcentajes inferiores a 6%.

Se registraron 10 especies endémicas de México (Apéndice 1) y dos más de Megaméxico. Sobresalen *Nymphaea gracilis* y *Sagittaria macrophylla* por estar incluidas como amenazadas en la NOM-059-ECOL-2001, así como *Lemna trisulca* que se encuentra en la categoría de protección especial.

Clasificación de la vegetación

En el dendrograma que involucra las especies de las tres ciénegas se distinguen cuatro grandes grupos a un nivel de distancia euclidiana de 20 (Fig. 2). El primero se encuentra conformado por *Hydrocotyle ranunculoides, Jaegeria bellidiflora, Sagittaria macrophylla, Eleocharis macrostachya* y *Schoenoplectus californicus*, que presentaron los valores de importancia más altos. El segundo conjunto incluye a *Paspalum distichum, Echinochloa holciformis, Polygonum punctatum, Lilaeopsis schaffneriana, Eleocharis densa, Myriophyllum heterophyllum, Poa annua* y *Ranunculus cymbalaria*. En los grupos tercero y cuarto se incluyen especies con valores de importancia inferiores a 0.09, en el tercero *Berula erecta* fue la planta con el valor de importancia más alto, mientras que en el cuarto fue *Nymphoides fallax* (Apéndice 2 y Fig. 2).

Cada humedal presenta asociaciones particulares. En la ciénega Chignahuapan se registraron 22 especies, de las que el mayor porcentaje correspondió a subacuáticas

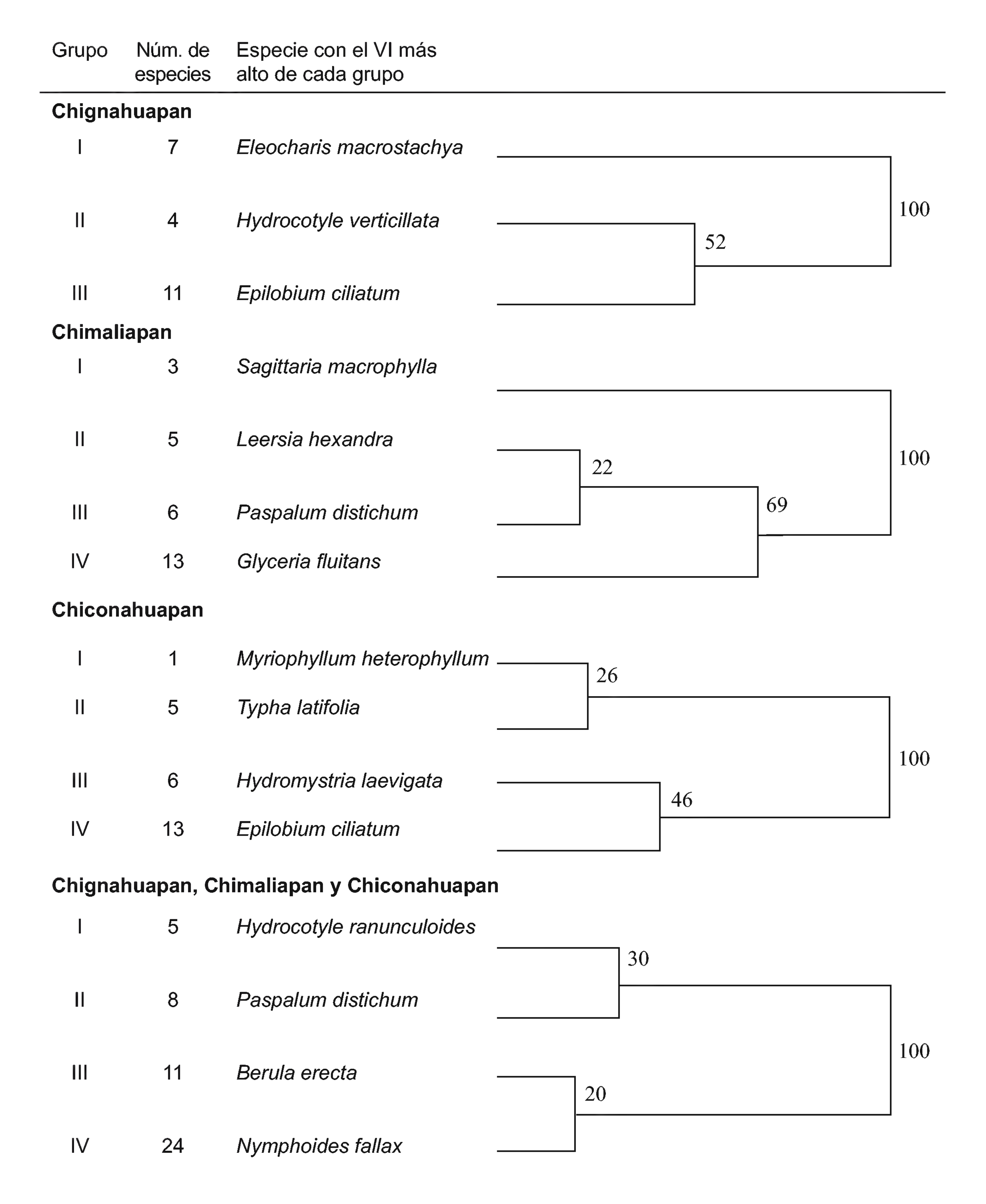


Fig. 2. Diagramas de clasificación de la vegetación de las ciénegas de Chignahuapan, Chimaliapan y Chiconahuapan. Método de Ward con distancias euclidianas. Para cada ciénega se indica en número romano los grupos florísticos, el número de especies que componen a cada grupo y la especie con valor de importancia (VI) más alto en cada grupo. Los números arábigos indican la distancia en porcentaje a la que se fusionan los grupos.

(55%), de las tres formas de vida que se presentaron en este humedal, las hidrófitas enraizadas emergentes fueron las más abundantes con 77% (Fig. 3). La clasificación permitió distinguir tres grupos (Fig. 2). El primero estuvo constituido por siete elementos: *Eleocharis macrostachya, Schoenoplectus californicus, Poa annua, Ranunculus cymbalaria*, *Hydrocotyle ranunculoides, Lilaeopsis schaffneriana* y *Echinochloa holciformis,* que resultaron ser las plantas con los valores de importancia más altos y que definieron a la comunidad vegetal de la ciénega. El segundo se caracterizó por la presencia de *Hydrocotyle verticillata, Polygonum mexicanum, Jaegeria bellidiflora y Polygonum punctatum*. El tercero estuvo conformado por 11 especies con los valores de importancia más bajos, *Epilobium ciliatum, Aster subulatus, Rorippa pinnata, Arenaria paludicola, Eleocharis densa, Polygonum lapathifolium, Rumex crispus, Arenaria bourgaei, Urtica dioica, Mimulus glabratus* y *Lilaea scilloides*.

En la ciénega de Chimaliapan se registraron 27 especies, de las cuales 52% correspondió a plantas acuáticas y subacuáticas, de éstas 67% fueron hidrófitas enraizadas emergentes (Fig. 3). La clasificación de las muestras de vegetación generó cuatro grupos (Fig. 2). Los tres elementos del conjunto I (*Sagittaria macrophylla*, *Jaegeria bellidiflora* e *Hydrocotyle ranunculoides*) presentaron los valores de importancia más altos. El grupo II se caracterizó por *Leersia hexandra, Eichhornia crassipes, Myriophyllum aquaticum, Lilaeopsis schaffneriana y Polygonum lapathifolium*. El III estuvo conformado por *Paspalum distichum, Eleocharis macrostachya, Eleocharis densa, Echinochloa holciformis, Berula erecta* y *Polygonum punctatum*. Los organismos con los valores de importancia más bajos se concentraron en el grupo IV y fueron *Glyceria fluitans, Aster subulatus, Eleocharis montana, Ludwigia peploides, Eleocharis bonariensis, Lilaea scilloides, Juncus effusus, Polygonum mexicanum, Hydromystria laevigata, Potamogeton nodosus, Schoenoplectus tabernaemontani, Polygonum hydropiperoides* y *Nymphaea gracilis*.

La ciénega de Chiconahuapan presentó el mayor número de especies registradas (29), siete formas de vida y sólo 3% de tolerantes (Fig. 3). Al clasificar las muestras de vegetación destacan cuatro grupos florísticos (Fig. 2). El conjunto I se conformó únicamente por *Myriophyllum heterophyllum* como resultado de su alto valor de importancia. El segundo estuvo formado por *Typha latifolia, Schoenoplectus californicus, Paspalum distichum, Hydrocotyle ranunculoides* y *Ludwigia peploides,* que junto con *Myriophyllum heterophyllum* definieron a la vegetación de esta ciénega. *Hydromystria laevigata, Jaegeria bellidiflora, Nymphoides fallax, Myriophyllum aquaticum, Eleocharis densa, Potamogeton illinoensis, Lilaeopsis schaffneriana, Polygonum punctatum, Polygonum hydropiperoides* y *Potamogeton nodosus* constituyeron la asociación III. Trece especies con los menores valores de

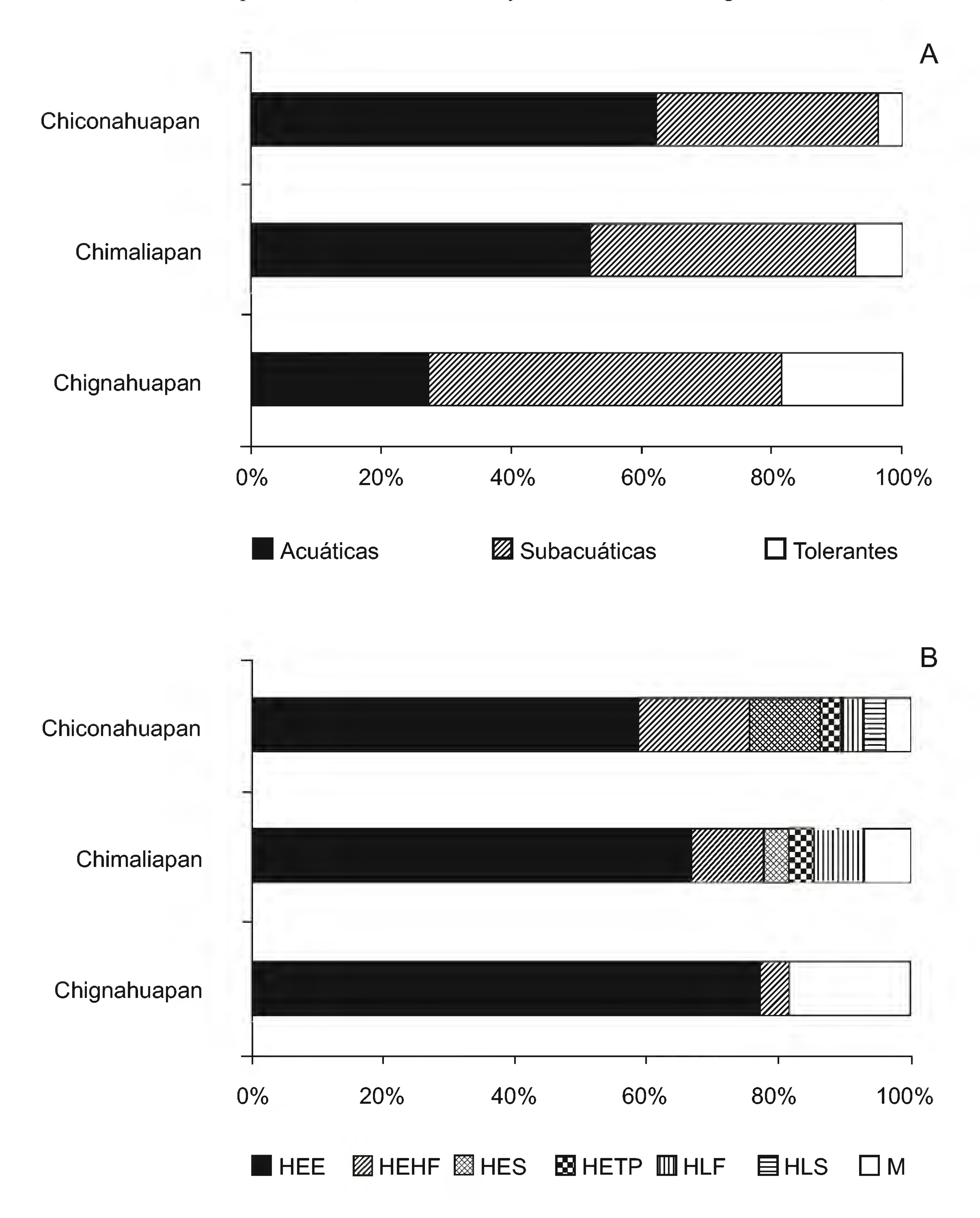


Fig. 3. A) Porcentaje de especies acuáticas, subacuáticas y tolerantes. B) Porcentaje de formas de vida de las plantas de Chignahuapan, Chimaliapan y Chiconahuapan. HEE = hidrófita enraizada emergente, HEHF = hidrófita enraizada de hojas flotantes, HES = hidrófita enraizada sumergida, HETP = hidrófita enraizada de tallos postrados, HLS = hidrófita libre sumergida, HLF = hidrófita libre flotadora y M = maleza.

importancias formaron el último agrupamiento de la vegetación acuática de Chiconahuapan: *Epilobium ciliatum, Cyperus semiochraceus, Urtica dioica, Berula erecta, Bidens aurea, Eleocharis macrostachya, Schoenoplectus tabernaemontani, Juncus effusus, Eleocharis bonariensis, Jaegeria bellidiflora, Marsilea mollis, Ceratophyllum demersum* y *Sagittaria macrophylla.*

Diversidad

De acuerdo con el índice de Shannon, la diversidad de toda la comunidad vegetal de las ciénegas de Lerma tuvo un valor general de 3.2. No obstante, analizando cada humedal por separado, los números varían notablemente. Las comparaciones entre pares de ciénegas mostraron diferencias significativas, las cuales se hicieron más evidentes con el cálculo del α de Fisher. La diversidad más alta se presentó en Chiconahuapan que además fue la ciénega más rica (29 especies) y con mayor equidad (J´). En segundo lugar se ubicó Chimaliapan, sin embargo la estimación de su uniformidad vegetal es inferior a los de las otras dos. Chignahuapan mostró la diversidad más baja y aunque no fue significativamente diferente de la de Chimaliapan, presentó un valor de Pielou ligeramente superior (Cuadro 1).

Cuadro 1. Riqueza de especies, índice de diversidad de Shannon (H´), valor máximo esperado del índice de Shannon (H´max), valor de equidad de Pielou e índice $^{\alpha}$ Fisher de la vegetación de Chignahuapan, Chimaliapan y Chiconahuapan, Estado de México. Las letras diferentes indican diferencias significativas entre pares ciénegas basadas en una prueba de t-Student modificada (Zar, 1999) y con una significancia de 0.05.

	Chignahuapan	Chimaliapan	Chiconahuapan	Agrupadas
Riqueza	22	27	29	48
Shannon (H´)	2.65[ab]	2.74[b]	2.90[c]	3.2
Valor máximo del índice de Shannon (H´max)	3.09	3.29	3.36	3.8
Equidad de Pielou (J´)	0.858	0.833	0.864	0.855
Índice $^{\alpha}$ de Fisher	5.0	5.1	7.3	9.1

En general la diversidad alfa calculada para los tres humedales es intermedia tomando en cuenta el valor máximo esperado (H'_{max}; Cuadro 1) y el número de especies registradas para cada uno.

Algunas plantas sólo se detectaron en una ciénega, mientras que otras fueron comunes para las tres zonas, como *Eleocharis densa, E. macrostachya, Jaegeria bellidifora, Lilaeopsis schaffneriana, Hydrocotyle ranunculoides* y *Polygonum punctatum*. Usando el Índice de Morisita-Horn se observa que los valores de similitud obtenidos entre pares de zonas en general son bajos, por lo que la diversidad beta es alta (Cuadro 2, Fig. 4). Las zonas estacionalmente inundadas de Chignahuapan y Chimaliapan comparten más especies entre ellas que con Chiconahuapan (Cuadro 2). Chiconahuapan presentó la mayor disimilitud (diversidad beta) cuando se comparó con Chignahuapan y Chimaliapan.

Cuadro 2. Valores del índice de Morisita-Horn (similitud) y diversidad beta (disimilitud en negritas) para pares de ciénegas.

	Chimaliapan	Chignahuapan	Chiconahuapan
Chimaliapan	0.00	**0.61**	**0.77**
Chignahuapan	0.39	0.00	**0.70**
Chiconahuapan	0.23	0.30	0.00

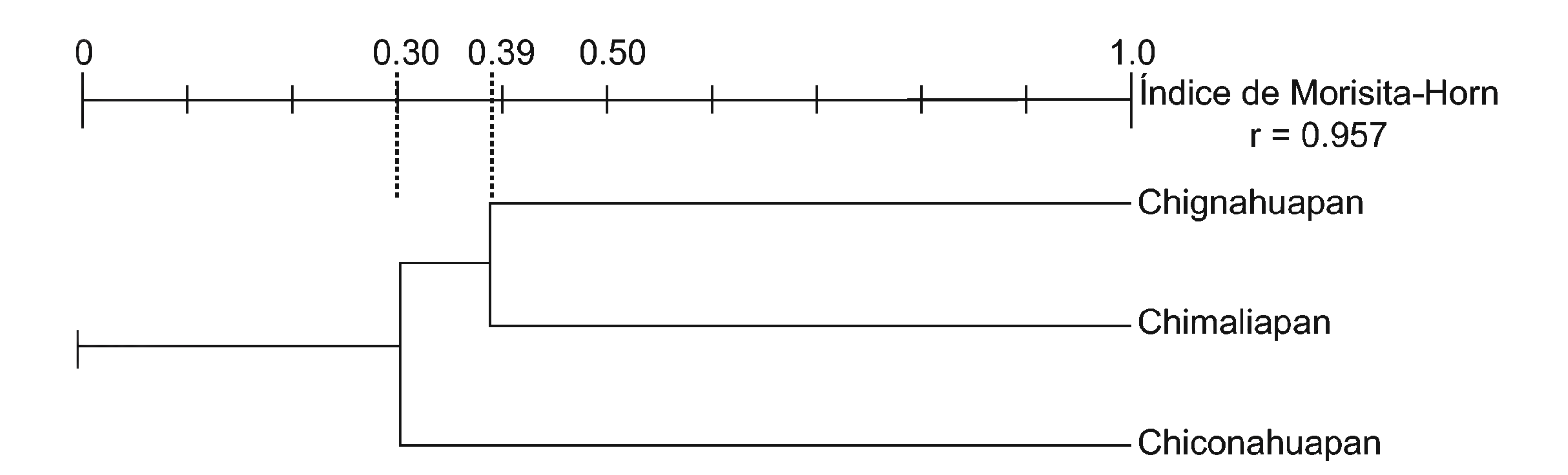


Fig. 4. Diagrama de clasificación de la vegetación de las tres ciénegas de Lerma. Método UPGMA, índice de Morisita-Horn.

DISCUSIÓN

La riqueza florística de las ciénegas de Lerma es alta a pesar de las pequeñas dimensiones del área que actualmente ocupan (30 km^2); sólo es superada

por la registrada para Tamaulipas, Morelos y Querétaro, sin embargo se trata de inventarios para entidades federativas completas, donde tanto la superficie como la variedad de ambientes acuáticos que albergan son significativamente superiores (Cuadro 3).

Cuadro 3. Número total de especies y de acuáticas estrictas reportadas para diferentes cuerpos de agua de México.

Localidad	Extensión (km^2)	Especies reportadas	Fuente
Tecocomulco	17.6	36/10	Lot y Novelo (1978)
Yuriria	97	45/17	Ramos y Novelo (1993)
Xochimilco	26.5	48/17	Novelo y Gallegos (1988)
Pátzcuaro	100	48/22	Lot y Novelo (1988)
Zempoala	47.9	66/25	Bonilla-Barbosa y Novelo (1995)
Texcoco	17	78/22	Rzedowski (1957)
Cuitzeo	3700	92/25	Rojas y Novelo (1995)
Zirahuén	10.48	93/24	Madrigal-Guridi et al. (2004)
Tamaulipas	78380	93/93	Mora-Olivo et al. (2008)
Querétaro	11270	118/?	Martínez y García-Mendoza (2001)
Morelos	4893	145/114	Bonilla-Barbosa et al. (2000)
Tamaulipas		168/38	Martínez y Novelo (1993)
Cuenca alta de Lerma	5549	277/54	Ramos (2000)

En general la flora de los humedales de Lerma es comparable y en varios casos superior a la de otros ambientes lénticos de México. Por ejemplo, considerando la vegetación reportada para los lagos de la región hidrológica de la cuenca Lerma-Chapala-Santiago, a la que también pertenece la zona de estudio, se observa que las ciénegas de Lerma poseen una flora de dimensión similar a la de Zirahuén y Cuitzeo, tanto en el número total de especies (97) como en el de acuáticas estrictas (40). Pero comparada con la flora de Pátzcuaro y Yuriria resulta ser casi el doble de rica, no obstante que ambos lagos son significativamente más grandes.

Dentro del estado de México las ciénegas de Lerma albergan un número importante de plantas acuáticas. Ramos (2000) reconoce para toda la cuenca alta del río

Lerma 277 especies de acuáticas, subacuáticas y tolerantes, sin embargo en la extensión que ocupan las ciénegas, apenas menor a 1% del área de toda la cuenca alta (5 549 km^2), es posible encontrar más de la tercera parte de la flora registrada por este autor. De las 97 entidades de acuáticas, subacuáticas y tolerantes aquí enlistadas, sólo 72% fueron incluidas en los inventarios de Ramos (2000), y si se consideran únicamente las hidrófitas estrictas y las subacuáticas, el presente estudio comparte con su lista 71%. De esta forma, las colectas realizadas en esta investigación han permitido incorporar a los reportes previos de la flora de las ciénegas 19 especies más de plantas acuáticas y subacuáticas y nueve de plantas tolerantes (Apéndice 1).

La presencia de diez elementos endémicos de México y de dos amenazados (Apéndice 1) es una característica que distingue la flora de las ciénegas; este tipo de especies y en general la alta diversidad que albergan los humedales de Lerma, ha sido uno de los criterios más importantes para incluirlas como áreas naturales protegidas (Anónimo, 2002a; Arriaga-Cabrera et al., 2009) y al mismo tiempo hace necesaria y urgente la creación de programas de manejo y conservación aplicables a las demandas locales. De las plantas acuáticas encontradas en la zona, actualmente *Sagittaria macrophylla* (papa de agua), *Nymphaea gracilis* (estrella de agua) y *Lemna trisulca* han sido incluidas en la Norma Oficial Mexicana-059- ECOL-2001 como amenazadas o sujetas a protección especial, dada su distribución restringida en México (Lot y Zepeda, 2009). De estas sólo *S. macrophylla* crece ampliamente en la ciénegas de Lerma, lo que probablemente contribuye a que sus semillas y tubérculos sean uno de los alimentos más importantes de la dieta del pato mexicano (*Anas diazi*) (Colón-Quezada, 2009).

La transformación, destrucción y desaparición de los ecosistemas acuáticos de la región han propiciado la reducción del área de distribución natural de las acuáticas antes mencionadas y de otras como *Ceratophyllum demersum*, *Lilaea scilloides*, *Myriophyllum heterophyllum*, *Sagittaria latifolia, Ruppia maritima, Potamogeton nodosus* y *Wolffiella oblonga*, que si bien muchas de ellas son abundantes en otras partes de México (Lot et al., 1999), en la zona de estudio son consideradas como especies raras y potencialmente amenazadas, dado que sus poblaciones tienen una distribución muy restringida (Ramos, 2000). La alteración de los sistemas acuáticos de Lerma también ha afectado a algunas especies endémicas de fauna que actualmente se encuentran amenazadas, tal es el caso de aves como el pato mexicano (*Anas diazi*), la mascarita transvolcánica (*Geothlypis speciosa*) y la polla de agua (*Coturnicops noveboracens*) o de anfibios como el ajolote de Lerma (*Ambystoma lermaensis*) y algunos peces como el charal (*Chirostoma riojai*) y el pupo (*Algansea barbata*) (Anónimo, 2002b).

Las comunidades vegetales de las ciénegas mantienen una diversidad importante según los valores obtenidos del índice de Shannon (Cuadro 1). Chiconahuapan puede considerase como el más diverso de los tres humedales (Cuadro 2) y en función de la composición de especies es el que aportó mayor heterogeneidad florística a la región (Cuadro 2, Fig. 4).

En cada humedal prevalecen condiciones ecológicas particulares que se reflejan en la diversidad de su vegetación. Las hidrófitas enraizadas emergentes son los elementos más ampliamente distribuidos, sin embargo en cada ciénega se agrupan de formas diferentes creando asociaciones fisonómica y florísticamente heterogéneas (Fig. 2). La zonificación de estas agrupaciones en la mayoría de los casos está relacionada con la eliminación o modificación del ambiente lacustre, particularmente con el nivel de inundación, como lo sugieren los estudios que reconocen a la profundidad del agua y sus fluctuaciones (naturales o antropogénicas) como el principal determinante de la diversidad y abundancia de las plantas acuáticas (Cronk y Fennessy, 2001)

Durante la mayor parte del año Chiconahuapan tiene un nivel de inundación superior al de Chignahuapan (Pérez-Ortiz, 2005), que junto con su relativamente bajo nivel de eutroficación, pueden explicar su mayor riqueza florística y de formas de vida, así como la presencia de hidrófitas sumergidas en pequeñas áreas (*Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum heterophyllum*, *Ruppia maritima, Potamogeton* spp. y *Najas guadalupensis*) que con seguridad eran más extensas, no sólo en esta ciénega sino también en las otras dos.

En contraste, la sequía que afecta una buen parte de la ciénega de Chignahuapan y la consecuente ausencia de una columna de agua durante más de cuatro meses, parece ser la causa principal de que sus comunidades vegetales sean florísticamente más pobres y reducidas, particularmente las de hidrófitas sumergidas, que incapaces de tolerar este cambio están desapareciendo localmente. Las especies con amplia tolerancia a las variaciones ambientales y a la perturbación son los componentes más comunes de las asociaciones vegetales de este humedal, como algunas ciperáceas, gramíneas y poligonáceas.

Como sucede en otros cuerpos de agua de México (Ramos y Novelo, 1993; Rojas y Novelo, 1995; Madrigal-Guridi et al., 2004), la problemática ambiental que enfrenta la zona inundada de Lerma está centrada en una fuerte influencia negativa de la actividad humana. En las áreas lacustres de Lerma existen crecientes asentamientos humanos (Velasco, 2008), que junto con la ganadería, la deforestación (Orozco-Hernández et al., 2009), la contaminación (Sedeño-Díaz y López-López, 2007) y la sobreexplotación del acuífero (desde la década de los 60´s por la demanda de agua del D.F.,

Toluca y Metepec; Esteller y Delgado, 2002), han ocasionado una fuerte disminución del nivel de agua en los humedales, su fragmentación y la pérdida de hábitats.

Actualmente las ciénegas de Lerma se encuentran en un estado eutrófico variable y aunque la contaminación y la concentración de metales pesados aparentemente aún no representan riesgos para la vida acuática (Pérez-Ortiz, 2005; Sedeño-Díaz y López-López, 2007) y la salud (Pérez-Ortiz, 2005), el futuro de estos humedales y el de su riqueza biótica puede ser desalentador si el deterioro progresa.

Es un hecho que aunque aún existe un área importante que continúa anegada y cubierta de hidrófitas, las comunidades acuáticas y algunas especies locales, están desapareciendo. En este sentido es urgente tomar medidas para la protección y recuperación de estos cuerpos lacustres. Las estrategias deben encaminarse a manejar de forma integral el sistema, enfocando la atención a mantener los niveles de inundación, mejorar la calidad del agua, controlar las malezas y realizar estudios básicos sobre su diversidad, dinámica espacial y temporal, así como de alternativas de aprovechamiento (pesquero, turístico o recreativo) que beneficien de forma directa a las poblaciones humanas locales y que opten por un modelo de desarrollo social que cuide el ambiente.

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial a la Universidad Autónoma del Estado de México, que patrocinó esta investigación a través del proyecto 2356/2006 y al Consejo Mexiquense de la Ciencia y la Tecnología por la beca otorgada a la primera autora. Al Dr. Javier Manjarrez quien revisó el manuscrito y participó activamente en las salidas de campo. A la bióloga Itzi Bautista y al M. en C. David Colón Quezada por su apoyo en el campo y el procesamiento del material. A los revisores anónimos por sus comentarios y aportaciones para mejorar la versión final.

LITERATURA CITADA

Aguirre-León, E. 2009. Orquídeas. In: Ceballos, G., R. List, G. Garduño, R. López-Cano, M. J. Muñoscano-Quintanar, E. Collado y J. E. San Román (eds.). 2009. La diversidad biológica del Estado de México: Estudio de Estado. Gobierno del Estado de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. pp. 203-208.

Anónimo. 2002a. Decreto por el que se declara área natural protegida la región conocida como Ciénegas de Lerma en el Estado de México. Publicado en el Diario Oficial de la Federación. 27 de noviembre de 2002. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F. pp. 4-12.

Anónimo. 2002b. Norma oficial mexicana NOM-059-ECOL-2001. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo. Publicado en el Diario Oficial de la Federación. 6 marzo de 2002. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F.

Anónimo. 2006. The list of the wetlands of international importance. Ramsar List. The Ramsar Convention on Wetlands. En línea: http://www.ramsar.org/pdf/sitelist.pdf. Consulta 4 de mayo de 2011.

Arizmendi, M. C. y L. Márquez. 2000. Áreas de importancia para la conservación de las aves en México. Sección Mexicana del Congreso Internacional para la Preservación de las Aves y Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. México, D.F. 440 pp.

Arriaga-Cabrera, L., V. Aguilar y J. M. Espinoza. 2009. Regiones prioritarias y planeación para la conservación de la biodiversidad. In: Capital natural de México. Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. pp. 433-457.

Bonilla-Barbosa, J. R. y A. Novelo. 1995. Manual de identificación de plantas acuáticas del Parque Nacional Lagunas de Zempoala, México. Cuaderno 26. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 168 pp.

Bonilla-Barbosa, J. R., J. A. Viana-Lases y F. Salazar-Villegas. 2000. Listados florísticos de México. XX. Flora acuática de Morelos. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 29 pp.

Brower, J. E., J. H. Zar y C. N. Von Ende. 1997. Field and laboratory methods for general ecology. 4a ed. McGraw-Hill. Quebec. 273 pp.

Brummitt, R. K. (comp.). 1992. Vascular plant families and genera. Royal Botanic Gardens. Kew. 804 pp.

Brummitt, R. K. y C. E. Powell. 1992. Authors of plant names. Royal Botanic Gardens. Kew. 732 pp.

Colón-Quezada, D. 2009. Composición de la dieta de otoño del pato mexicano (*Anas diazi*) en el vaso sur de las ciénegas del Lerma, estado de México. Rev. Mex. Biodiv. 80: 193-202.

Cronk, J. K. y M. S. Fennessy. 2001. Wetland plants: biology and ecology. Lewis Publishers. Boca Raton, Florida. 462 pp.

Cronquist, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press. New York. 1262 pp.

Dávila, P. 2009. Gramíneas. In: Ceballos, G., R. List, G. Garduño, R. López-Cano, M. J. Muñoscano-Quintanar, E. Collado y J. E. San Román. (eds.). 2009. La diversidad biológica del Estado de México: Estudio de estado. Gobierno del Estado de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. pp. 209-212.

Espinosa, G. J. y J. Sarukhán. 1997. Manual de malezas del Valle de México. Ediciones Científicas Universitarias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 407 pp.

Esteller, M. V. y C. Delgado. 2002. Las aguas subterráneas en una cuenca de altura: el Valle de Toluca. Capítulo 6. In: Antón, D. y C. Díaz. Sequía en un mundo de agua. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Interamericano de Recursos del Agua y Coordinación General de Investigación y Estudios Avanzados. Edición digital http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/sequia/cap06.html Consulta: 01 de marzo de 2010.

Hammer, Ø., D. A. T. Harper y P. D. Ryan. 2001. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. Paleon. Elec. 4(1): 9. http://paleo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm

Holland, M., F. Dennis y G. Brij. 1990. The characteristics of wetland ecotones. In: Naiman, R. I. y H. Decamps (eds.). 1990. The ecology and management of aquatic and terrestrial ecotones. MAB Series No. 4. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. París. pp. 717-198.

Lot, A. y A. Novelo. 1978. Laguna de Tecocomulco, Hidalgo. Guía Botánica de Excursiones en México. Publicación Especial de la Sociedad Botánica de México, A.C. México, D.F. 19 pp.

Lot, A. y A. Novelo. 1988. Vegetación y flora acuática del Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. Southwest. Nat. 33(2): 167-175.

Lot, A. y A. Novelo. 2004. Iconografía y estudio de plantas acuáticas de la ciudad de México y sus alrededores. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 206 pp.

Lot, A., A. Novelo y P. Ramírez-García. 1986. Angiospermas acuáticas mexicanas 1. Listados florísticos de México. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 60 pp.

Lot, A., A. Novelo y P. Ramírez-García. 1998. Diversidad de la flora acuática mexicana. In: Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). 1998. Diversidad biológica de México. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp. 563-577.

Lot, A., A. Novelo, M. Olvera y P. Ramírez-García. 1999. Catálogo de angiospermas acuáticas de México. Serie Cuadernos Núm. 33. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 161 pp.

Lot, A. y C. Zepeda. 2009. Plantas acuáticas. In: Ceballos, G., R. List, G. Garduño, R. López-Cano, M. J. Muñoscano-Quintanar, E. Colladoy J. E. San Román. (eds.). 2009. La diversidad biológica del Estado de México: Estudio de Estado. Gobierno del Estado de México y Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. pp. 229-241.

Madrigal-Guridi, X., A. Novelo y A. Chacón. 2004. Flora y vegetación acuática del lago de Zirahuén, Michoacán, México. Acta Bot. Mex. 68: 1-38.

Martínez C., Y. I. 1993. La evolución de la superficie de las lagunas de Lerma y sus principales repercusiones físicas, biológicas y humanas. Tesis de Licenciatura. Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca. 119 pp.

Martínez, M. y A. García-Mendoza. 2001. Flora y vegetación acuática de localidades selectas del estado de Querétaro. Acta Bot. Mex. 54: 1-23.

Martínez, M. y A. Novelo. 1993. La vegetación acuática del estado de Tamaulipas, México. An. Inst. Biol. 64(2): 59-86.

Matteucci, S. y A. Colma. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Serie de Biología, Monografía Nº 22. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington, D.C. 168 pp.

Mitsch, W. J. y J. G. Gosselink. 1993. Wetlands. Van Nostrand Reinhold. New York. 722 pp.

Mora-Olivo, A., J. L. Villaseñor, I. Luna-Vega y J. J. Morrone. 2008. Patrones de distribución de la flora vascular acuática estricta en el estado de Tamaulipas, México. Rev. Mex. Biodiv. 79: 435-448.

Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Manuales y tesis, Sociedad Entomológica Aragonesa. Vol. 1. Zaragoza, España. 80 pp.

Novelo, A. y M. Gallegos. 1988. Estudio de la flora y la vegetación acuática relacionada con el sistema de chinampas en el sureste del Valle de México. Biótica 13(1,2): 121-139.

Orozco-Hernández, M., G. Gutiérrez-Martínez y J. Delgado-Campos. 2009. Desarrollo rural y deterioro del bosque. Región interestatal del alto Lerma. Econ. Soc. Terr. IX(30): 435-472.

Pérez-Ortiz, G. 2005. Diagnóstico ambiental como base para la rehabilitación de las Ciénegas de Lerma, Estado de México. Tesis de maestría en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 85 pp.

Pérez-Ortiz, G. y M. Valdez. 2006. El uso de la biodiversidad en las ciénegas del Lerma. In: Cotler, A. H., M. Mazari y J. de A. Sánchez (eds.). 2006. Atlas de la Cuenca Lerma Chapala. Instituto Nacional de Ecología y Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F. p. 78.

Ramírez C., D. y T. Herrera. 1954. Contribución al conocimiento de la vegetación del Lerma y sus alrededores. An. Inst. Biol. 25: 65-95.

Ramos, V. L. 2000. Estudio de la flora de la vegetación acuáticas vasculares de la cuenca alta del Río Lerma, en el Estado de México. Tesis de maestría en Ecología y Ciencias Ambientales. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 146 pp.

Ramos, V. L. y A. Novelo. 1993. Vegetación y flora acuática de la laguna de Yuriria, Guanajuato, México. Acta Bot. Mex. 25: 61-79.

Rioja, E. y T. Herrera. 1951. Ensayo ecológico del limnobio de Lerma y sus alrededores. An. Inst. Biol. 22(2): 365-351.

Rojas, M. J. y A. Novelo. 1995. Flora y vegetación acuática del lago de Cuitzeo. Michoacán, México. Acta Bot. Mex. 31: 1-17.

Rzedowski, G. C. de y J. Rzedowski. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2a. ed. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Mich. 1406 pp.

Rzedowski, J. 1957. Algunas asociaciones vegetales de los terrenos del lago de Texcoco. Bol. Soc. Bot. Méx. 8: 59-129.

Rzedowski, J. 1998. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. In: Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa. 1998. Diversidad biológica de México: orígenes y distribución. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp. 129-145.

Sculthorpe, C. D. 1985. The biology of aquatic vascular plants. Edward Arnold, Ltd. London, England. 610 pp.

Sedeño-Díaz, J. E. y E. López-López. 2007. Water quality in the Río Lerma, Mexico: an overview of the last quarter of the twentieth century. Wat. Res. Man. 21: 1797-812.

Tejero-Díez, J. D. 2009. Helechos y licopodios. In: Ceballos, G., R. List, G. Garduño, R. López-Cano, M. J. Muñoscano-Quintanar, E. Collado y J. E. San Román. (eds.). 2009. La diversidad biológica del Estado de México: Estudio de Estado. Gobierno del Estado de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. D.F. pp. 167-176.

Tejero-Díez, J. D. y M. L. Arreguín-Sánchez. 2004. Lista con anotaciones de los pteridofitos del estado de México. Acta Bot. Mex. 69: 1-82.

Tiner, R. W. 1999. Wetlands indicators. A guide to wetland identification, delineation, classification and mapping. Lewis Publishers. New York. 392 pp.

Tryon, R. M. y A. F. Tryon. 1982. Ferns and allied plants, with special reference to tropical America. Springer Verlag. New York. 835 pp.

Vásquez, J. 1999. Almoloya del Río. Monografía municipal. Gobierno del Estado de México. Toluca. 184 pp.

Velasco, J. J. 2008. La ciénega de Chiconahuapan, Estado de México: Un humedal en deterioro constante. Contribuciones desde Coatepec 15: 101-125.

Zar, J. 1999. Biostatistical analysis. Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey. 662 pp.

Recibido en marzo de 2010.

Aceptado en octubre de 2011.

APÉNDICE 1

Lista florística de la vegetación de las ciénegas de Chignahuapan, Chimaliapan y Chiconahuapan, Estado de México. Categoría: A = planta acuática, S = subacuática, T = tolerante, R = riparia. Forma de vida: HEE = hidrófita enraizada emergente, HEHF = hidrófita enraizada de hojas flotantes, HES = hidrófita enraizada sumergida, HETP = hidrófita enraizada de tallos postrados, HLS = hidrófita libre sumergida, HLF = hidrófita libre flotadora, M = maleza. [a] = familias de plantas estrictamente acuáticas, * = especie endémica de México, ☼ = especie endémica de Megaméxico, ▲ = especie protegida,▼ = amenazada, ♦ = No reportada para las ciénegas de Lerma en Rioja y Herrera (1951), Ramírez y Herrera (1954) y Ramos (2000).

Especie	Categoría	Forma de vida
PTERIDOPHYTA		
Marsileaceae		
Marsilea mollis B. L. Rob. & Fernald	A	HEHF
Salviniaceae		
Azolla mexicana C. Presl	A	HLF
MAGNOLIOPHYTA		
LILIOPSIDA		
Alismataceae[a]		
Sagittaria latifolia Willd.	A	HEE
▼**Sagittaria macrophylla* Zucc.	A	HEE
Commelinaceae		
Commelina tuberosa L.	T	M
Tinantia erecta (Jacq.) Schltdl.	T	M
♦*Tripogandra purpurascens* (S. Schauer) Handlos	T	M
Cyperaceae		
Cyperus niger Ruiz & Pavón	S	HEE
♦**Cyperus semiochraceus* Boeck.	S	HEE
Cyperus spectabilis Link	T	M
Eleocharis bonariensis Nees	S	HEE
☼*Eleocharis densa* Benth.	S	HEE
Eleocharis dombeyana Kunth	S	HEE
Eleocharis macrostachya Britton	S	HEE
♦*Eleocharis montana* (Kunth) Roem. & Schult.	S	HEE
Schoenoplectus americanus (Pers.) Volkart ex Schinz & Keller	A	HEE
Schoenoplectus californicus (C. A. Meyer) Soják	A	HEE

Apéndice. Continuación

Especie	Categoría	Forma de vida
Schoenoplectus tabernaemontani (C. C. Gmel.) Palla	A	HEE
Hydrocharitaceae[a]		
Hydromystria laevigata (Willd.) Hunz.	A	HLF
Iridaceae		
Sisyrinchium convolutum Nocca	T	
♦**Sisyrinchium tolucense* Peyr.	T	M
Juncaceae		
Juncus ebracteatus Liebm.	S	HEE
Juncus effusus L.	S	HEE
Juncaginaceae[a]		
Lilaea scilloides (Poir.) Hauman	A	HEE
Lemnaceae[a]		
Lemna gibba L.	A	HLF
Lemna minuscula Herter	A	HLF
Lemna obscura (Austin) Daubs	A	HLF
▲*Lemna trisulca* L.	A	HLF
Spirodela polyrrhiza (L.) Schleid.	A	HLF
Wolffia columbiana G. Karst.	A	HLF
Wolffiella lingulata (Hegelm.) Hegelm.	A	HLF
Wolffiella oblonga (Phil.) Hegelm.	A	HLF
Najadaceae[a]		
♦*Najas guadalupensis* (Spreng.) Magnus	A	HES
Poaceae		
Echinochloa crus-pavonis (Kunth) Schult.	S	HEE
Echinochloa holciformis (Kunth) Chase	S	HEE
♦*Glyceria fluitans* (L.) R. Br.	S	HEE
♦**Glyceria mexicana* (Kelso) Beetle	S	HEE
Leersia hexandra Sw.	A	HEE
♦*Paspalum distichum* L.	T	
♦**Pennisetum crinitum* (Kunth) Spreng.	T	
Poa annua L.	T	M
Pontederiaceae[a]		
Eichhornia crassipes (Mart.) Solms	A	HLF
Potamogetonaceae[a]		
Potamogeton illinoensis Morong	A	HES
Potamogeton nodosus Poir.	A	HEHF
Ruppiaceae[a]		
♦*Ruppia maritima* L.	A	HES

Apéndice. Continuación

Especie	Categoría	Forma de vida
Typhaceae[a]		
Typha latifolia L.	A	HEE
MAGNOLIOPSIDA		
Amaranthaceae		
Amaranthus hybridus L.	T	M
Apiaceae		
♦*Conium maculatum* L.	T	M
Berula erecta (Huds.) Coville	A	HEE
♦*Hydrocotyle* aff. *umbellata* L.	A	HEE
Hydrocotyle ranunculoides L.	A	HEE
♦*Hydrocotyle verticillata* Thunb.	A	HEE
♦*Lilaeopsis schaffneriana* (Schltdl.) Coult. & Rose	A	HEE
Asteraceae		
Aster subulatus Michx.	T	M
Bidens aurea (Aiton) Sherff	S	HEE
Bidens laevis (L.) Britton, Sterns & Poggenb.	S	HEE
♦*Cotula australis* (Sieber ex Spreng.) Hook. f.	T	M
♦**Euphrosyne partheniifolia* DC.	S	HEE
♦*Gnaphalium luteo-album* L.	T	M
♦*Gnaphalium semiamplexicaule* DC.	T	M
**Jaegeria bellidiflora* (Sessé & Moc. ex DC.) Torres & Beaman	A	HEE
**Jaegeria glabra* (S. Watson) B.L. Rob.	A	HEE
Melampodium bibracteatum S. Watson	S	HEE
♦*Soliva anthemifolia* (Juss.) R. Br.	S	HEE
Callitricaceae		
♦*Callitriche deflexa* A. Braun ex Hegelm.	A	HEE
Caryophyllaceae		
Arenaria bourgaei Hemsl.	S	HETP
♦*Arenaria paludicola* B. L. Rob.	S	HEE
Cerastium brachypodum (Engelm.) B. L. Rob.	S	HEE
Ceratophyllaceae[a]		
Ceratophyllum demersum L.	A	HLS
Chenopodiaceae		
Chenopodium ambrosioides L.	T	M
Crassulaceae		
♦*Tillaea saginoides* Maxim.	S	HEE

Apéndice. Continuación

Especie	Categoría	Forma de vida
Cruciferae		
Rorippa mexicana (Moc. & Sessé) Standl.	S	HEE
♦*Rorippa pinnata* (Moc. & Sessé) Rollins	S	HEE
Haloragaceae		
Myriophyllum aquaticum (Vell.) Verdc.	A	HES
Myriophyllum heterophyllum Michx.	A	HES
Lentibulariaceae[a]		
Utricularia gibba L.	A	HLS
Menyanthaceae[a]		
☼*Nymphoides fallax* Ornduff	A	HEHF
Nymphaeaceae[a]		
▼ **Nymphaea gracilis* Zucc.	A	HEHF
Onagraceae		
Epilobium ciliatum Raf.	S	HEE
Ludwigia peploides (Kunth) P. H. Raven	A	HETP
Plantaginaceae		
Plantago major L.	T	M
Polygonaceae		
Polygonum hydropiperoides Michx.	S	HEE
Polygonum lapathifolium L.	S	HEE
Polygonum mexicanum Small	S	HEE
Polygonum punctatum Elliott	S	HEE
Rumex crispus L.	T	M
Rumex obtusifolius L.	T	M
Ranunculaceae		
♦*Ranunculus cymbalaria* Pursh	S	HEE
Ranunculus dichotomus Moc. & Sessé	T	
Salicaceae		
Salix babylonica L.	R	Ar
Scrophulariaceae		
Limosella aquatica L.	A	HEE
♦*Mecardonia procumbens* (Mill.) Small	S	HETP
Mimulus glabratus Kunth	S	HEE
♦*Veronica peregrina* L. ssp. *xalapensis* (Kunth) Pennell	T	
Solanaceae		
**Datura ceratocaula* Ortega	S	HEE
♦*Nierembergia angustifolia* Kunth	T	

Apéndice. Continuación

Especie	Categoría	Forma de vida
Urticaceae		
Urtica dioica var. *angustifolia* Schltdl.	T	M

APÉNDICE 2

Valores de importancia (VI) de las especies más abundantes en las ciénegas de Lerma.

	VI			
	Chignahuapan	Chimaliapan	Chiconahuapan	Tres ciénegas agrupadas
Nymphaea gracilis		0.1366		0.0019
Ceratophyllum demersum			0.3840	0.0022
Arenaria bourgaei	0.2758			0.0023
Marsilea mollis			0.3990	0.0023
Jaegeria glabra			0.6229	0.0032
Rumex crispus	0.4097			0.0033
Mimulus glabratus	0.1950			0.0050
Bidens aurea			1.2709	0.0065
Urtica dioica var. *angustifolia*	0.1950		1.5448	0.0093
Arenaria paludicola	1.2206			0.0097
Schoenoplectus tabernaemontani		0.3088	1.0220	0.0097
Cyperus semiochraceus			1.8452	0.0103
Eleocharis montana		0.8433		0.0114
Lilaea scilloides	0.1797	0.7788		0.0126
Rorippa pinnata	1.6704			0.0130
Juncus effusus		0.6888	0.7981	0.0139
Eleocharis bonariensis		0.8006	0.7981	0.0155
Glyceria fluitans		1.4586		0.0206
Polygonum hydropiperoides		0.2766	3.1161	0.0210

Apéndice. Continuación

	VI			
	Chignahuapan	Chimaliapan	Chiconahuapan	Tres ciénegas agrupadas
Potamogeton nodosus		0.3833	3.0085	0.0214
Potamogeton illinoensis			4.3898	0.0255
Epilobium ciliatum	1.8408		2.1441	0.0265
Nymphoides fallax			5.6830	0.0302
Aster subulatus	1.7840	1.3553		0.0338
Polygonum lapathifolium	0.6660	2.3544		0.0338
Hydrocotyle verticillata	5.3191			0.0445
Hydromystria laevigata		0.4275	6.6841	0.0448
Leersia hexandra		3.2924		0.0457
Eichhornia crassipes		3.4155		0.0489
Polygonum mexicanum	4.9911	0.5835		0.0489
Ludwigia peploides		0.8182	7.9899	0.0548
Typha latifolia			13.9706	0.0698
Myriophyllum aquaticum		3.1111	5.2641	0.0699
Berula erecta		5.3333	1.5212	0.0853
Ranunculus cymbalaria	10.6399			0.0901
Poa annua	12.8470			0.1080
Eleocharis densa	0.6856	5.8482	4.6924	0.1129
Polygonum punctatum	3.7936	4.7893	3.1773	0.1144
Lilaeopsis schaffneriana	7.3902	0.5391	4.1045	0.1215
Myriophyllum heterophyllum			22.5294	0.1305
Echinochloa holciformis	5.9858	5.8097		0.1319
Paspalum distichum		7.2733	10.4303	0.1537
Schoenoplectus californicus	13.4401		13.6713	0.1939
Eleocharis macrostachya	13.8239	6.4328	1.1972	0.2116
Sagittaria macrophylla		14.8531	0.3164	0.2159
Jaegeria bellidiflora	4.8769	14.3617	5.7795	0.2720
Hydrocotyle ranunculoides	7.7685	11.7248	9.0747	0.2811



Acta Botanica Mexicana 98: 51-72 (2012)

DIVERSITY AND MORPHOLOGY OF THE SPECIES OF *PSEUDO-NITZSCHIA* (BACILLARIOPHYTA) OF THE NATIONAL PARK SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO, SW GULF OF MEXICO

Michael L. Parsons[1], Yuri B. Okolodkov[2] & José A. Aké-Castillo[2]

[1]Florida Gulf Coast University, Coastal Watershed Institute,
Department of Marine and Ecological Sciences, 10501 FGCU Blvd South,
Fort Myers, FL 33965-6565, USA.
[2]Universidad Veracruzana, Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías,
Laboratorio de Botánica Marina y Planctología, calle Hidalgo 617,
Colonia Río Jamapa, 94290 Boca del Río, Veracruz, México.
Autor para la corrrespondencia: yuriokolodkov@yahoo.com

ABSTRACT

In order to evaluate the risk for marine ecosystem and human health, the diversity and morphology of diatoms of the genus *Pseudo-nitzschia* were studied. Weekly sampling was performed at seven geo-referenced sites in the National Park Sistema Arrecifal Veracruzano, SW Gulf of Mexico, during the annual cycle from May 2005 to May 2006. Samples were taken in the 30-cm surface layer of the water column with a phytoplankton net of 20-µm mesh size. With the use of light, transmission and scanning electron microscopy, seven *Pseudo-nitzschia* species were identified: non-toxic *P.* cf. *subcurvata* (examined only by light microscopy) and *P. brasiliana*, and potentially toxic, causative agents of amnesic shellfish poisoning (ASP) due to domoic acid: *P. calliantha, P. cuspidata, P. delicatissima*, *P. pseudodelicatissima* and *P. pungens*. It is concluded that there is a potential risk of ASP in the study area. *P. brasiliana* and *P. calliantha* are new records for the SW Gulf of Mexico. Comparisons with studies conducted in the northern Gulf of Mexico indicate that the diversity of *Pseudo-nitzschia* in the Gulf of Mexico may be greater than currently documented and that some species (e.g., *P. multiseries*) may have biogeographic limitations (e.g., temperatures below 27 °C).

Key words: amnesic shellfish poisoning, diatoms, Gulf of Mexico, morphology, new records, *Pseudo-nitzschia*, taxonomy, Veracruz.

RESUMEN

Con el fin de evaluar el riesgo para el ecosistema marino y la salud humana, se estudió la diversidad y la morfología de las diatomeas del género *Pseudo-nitzschia* del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, en el suroeste del Golfo de México. Se realizaron muestreos semanalmente en siete sitios georeferenciados durante un ciclo anual de mayo de 2005 a mayo de 2006. Las muestras se tomaron de la capa superficial de 30 cm de la columna de agua con una red fitoplanctónica de 20 µm de tamaño de malla. Con ayuda de los microscopios fotónico, electrónico de transmisión y electrónico de barrido se identificaron siete especies de *Pseudo-nitzschia*: las no tóxicas *P.* cf. *subcurvata* (estudiada solamente en el microscopio fotónico) y *P. brasiliana*, y las potencialmente venenosas, causantes de la intoxicación amnésica por consumo de mariscos (ASP) debido al ácido domoico: *P. calliantha, P. cuspidata, P. delicatissima*, *P. pseudodelicatissima* y *P. pungens.* Se concluye que existe riesgo potencial de ASP en el área de estudio. *P. brasiliana* y *P. calliantha* son nuevos registros para el suroeste del Golfo de México. Las comparaciones con los estudios en el norte del mismo cuerpo marino indican que la diversidad de *Pseudo-nitzschia* en el Golfo de México puede ser más alta que la documentada en el presente, y que algunas especies (e.g., *P. multiseries*) pueden tener limitaciones ecológicas y biogeográficas (e.g., temperaturas menores de 27 °C).

Palabras clave: diatomeas, Golfo de México, intoxicación amnésica por consumo de mariscos, morfología, nuevos registros, *Pseudo-nitzschia*, taxonomía, Veracruz.

INTRODUCTION

Pseudo-nitzschia H. Peragallo is a widely distributed marine genus (Hasle & Syvertsen, 1996; Hasle, 2002), with 38 currently described species (Guiry, 2011). Interest in the genus increased when, in 1987, severe intoxications and at least three human mortalities were reported in those who consumed blue mussels (*Mytilus edulis* L.) containing the neurotoxin domoic acid (DA) (Wright et al., 1989). Further research determined that the DA was produced by the planktonic diatom *Pseudo-nitzschia multiseries* (Bates et al., 1989). The resultant shellfish poisoning was termed amnesic shellfish poisoning (ASP), as one of the distinguishing symptoms of acute exposure to DA is short-term memory loss (Perl et al., 1990). Later, marine fish, bird and mammal mortalities occurred, caused by their consumption of DA-contaminated *Pseudo-nitzschia* species or vectors, causing DA poisoning (DAP);

thus, toxigenic *Pseudo-nitzschia* species also became a threat to marine animal health (Trainer et al., 2008).

At present, the following *Pseudo-nitzschia* species are known as DA producers: *P. pseudodelicatissima* (Hasle) Hasle, *P. pungens* (Grunow ex Cleve) Hasle, *P. multiseries* (Hasle) Hasle, *P. seriata* (Cleve) H. Peragallo, *P. australis* Frenguelli, *P. calliantha* Lundholm, Moestrup et Hasle, *P. cuspidata* (Hasle) Hasle, *P. fraudulenta* (Cleve) Hasle, *P. multistriata* (Takano) Takano, *P. delicatissima* (Cleve) Heiden, *P. turgidula* (Hustedt) Hasle and *P. galaxiae* Lundholm et Moestrup (Bates & Trainer, 2006; Trainer et al., 2008, 2009).

Economic losses caused by DA-associated *Pseudo-nitzschia* blooms have been reported from various countries around the world: Canada, USA, Mexico, Costa Rica, Argentina, Denmark, Scotland, Ireland, France, Spain, Italy, Tunisia, Morocco, Korea and Vietnam (Skov et al., 1997; Akallal & Mouradi, 2000; Bates & Richard, 2000; Kotaki et al., 2000; Sarno & Dahlmann, 2000; Cho et al., 2002; Fehling et al., 2004; Vargas-Montero & Freer, 2004; Lundholm et al., 2005; Badylak et al., 2006; Nezan et al., 2006; Almandoz et al., 2007; Bogan et al., 2007; Cortés-Altamirano & Sierra-Beltrán, 2008; Quijano-Scheggia et al., 2009; Sarahraoui et al., 2009).

At least six of the 12 *Pseudo-nitzschia* species known to produce DA (*P. australis, P. delicatissima, P. pseudodelicatissima, P. multiseries, P. pungens* and *P. seriata*) have caused blooms or intoxications in the Mexican Pacific and the coastal waters of the Gulf of California (Ochoa et al., 1996; Meave del Castillo & Hernández-Becerril, 1998; Licea et al., 2000; Moreno-Ruiz et al., 2004; Sierra-Beltrán et al., 2005; Cortés-Altamirano & Sierra-Beltrán, 2008). *Pseudo-nitzschia* species have also been observed in both the southern (Meave del Castillo et al., 2000; Gómez-Aguirre et al., 2004; Licea et al., 2004) and northern Gulf of Mexico (Fryxell et al., 1990, 1991; Dortch et al., 1997; Parsons et al., 1998, 2002; Liefer et al., 2009; Del Rio et al., 2010; MacIntyre et al., 2011). The following *Pseudo-nitzschia* species have been documented in the northern Gulf of Mexico: *P. brasiliana* Lundholm, Hasle et G. A. Fryxell, *P. decipiens* Lundholm et Moestrup, *P. delicatissima*, *P. prolongatoides* (Hasle) Hasle, *P. pseudodelicatissima*, *P. pungens*, *P. multiseries*, *P. subfraudulenta* (Hasle) Hasle, *P. subpacifica* (Hasle) Hasle, and *P. galaxiae* Lundholm et Moestrup (Conger et al., 1972; Licea, 1992; Parsons et al., 1998; Lundholm & Moestrup, 2002; Lundholm et al., 2002; Krayevsky et al., 2009). *Pseudo-nitzschia* species regularly bloom in Louisiana coastal waters (Dortch et al., 1997; Del Rio et al., 2010), likely stimulated by intensifying eutrophication over the past 50 years in response to higher nutrient loads from the Mississippi River (Parsons et al., 2002). The concern that these *Pseudo-nitzschia* blooms could result in a DA event was manifested when DA was detected in gulf menhaden (Clupeidae: *Brevoortia*

patronus Goode; Del Rio et al., 2010) and in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus* (Montagu); Schwacke et al., 2010), demonstrating that DA is moving up into higher trophic levels in the Gulf of Mexico.

As DA produced by *Pseudo-nitzschia* has affected higher trophic levels in the northern Gulf of Mexico, further assessment of the potential threat of DA to ecosystem health was deemed necessary for the SW Gulf of Mexico. The main purpose of this study, therefore, was to document the diversity and morphology of *Pseudo-nitzschia* species of the National Park Sistema Arrecifal Veracruzano (NPSAV), Gulf of Mexico, to evaluate the risk for the marine ecosystem and human health.

MATERIAL AND METHODS

Samples were taken from May 2005 to May 2006, at seven oceanographic stations during a weekly monitoring of red tides of the Aquarium of Veracruz (Fig. 1; for geographic coordinates, see Okolodkov, 2008), in the 30-cm surface layer, using a phytoplankton net of 20-µm mesh and 28 cm in diameter. Preliminary identifications of *Pseudo-nitzschia* species were made using a Nikon Eclipse T100 inverted microscope. Diatom frustules were cleaned by removing the organic matter by oxidation (Lundholm et al., 2002). Two milliliters of saturated $KMnO_4$ solution with 30% H_2SO_4 were added to a 10-ml aliquot of the sample. After 24 h, the sample was bleached by adding 10 ml of saturated oxalic acid solution, and then it was repeatedly washed with distilled water.

Thirteen samples from the seven stations taken in 2005 were selected, on the basis of their high abundance of *Pseudo-nitzschia* species, for further analysis using differential interference contrast (DIC) microscopy and electron microscopy (EM) to identify the various *Pseudo-nitzschia* species present: May 17 (st. 3, 5 and 7), May 24 (st. 3 and 5), May 31 (st. 2 and 3), June 7 (st. 1 and 6), July 13 (st. 3), August 24 (st. 3), and September 13 (st. 2). High total abundances of *Pseudo-nitzschia* species were found in May-July 2005 (up to 4.6×10^5 cells/l), August (up to 1.6×10^6 cells/l), September (up to 8.8×10^5 cells/l) and October (up to 7.1×10^5 cells/l) (Y.B. Okolodkov, unpubl. data). Starting from late October, the abundance drastically diminished, usually varying between 1.0×10^3 and 5.0×10^3 cells/l, and only once showed a high number of cells (8.9×10^4 cells/l at st. 1, on November 15, the highest abundance observed during the period from early October through mid-February).

DIC microscopy was used to determine the general groups of *Pseudo-nitzschia* present (e.g., *P. multiseries/pungens*, *P. delicatissima* complex, *P. brasiliana/linea*,

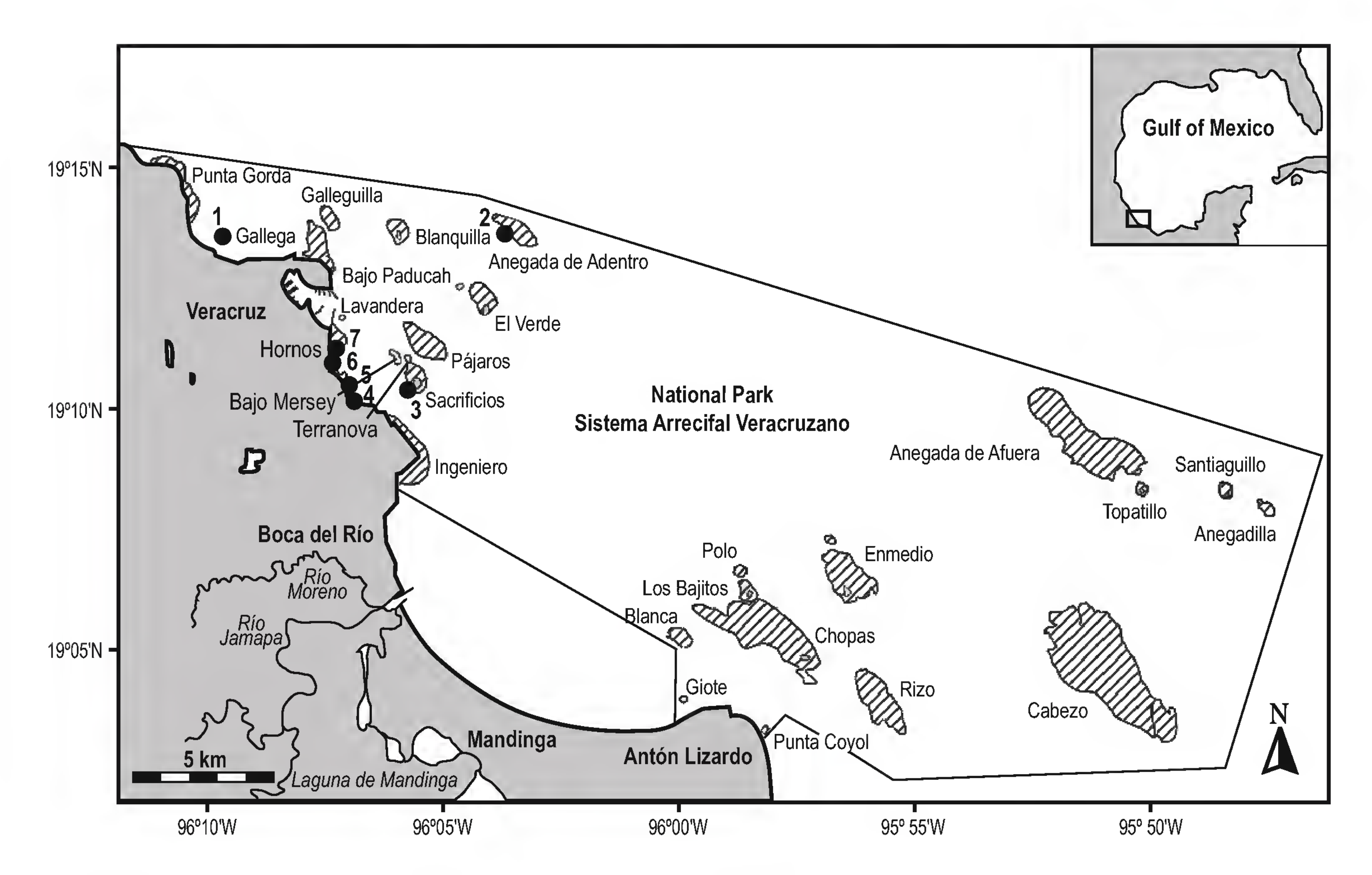


Fig. 1. Sampling sites (filled circles) in the National Park Sistema Arrecifal Veracruzano, Gulf of Mexico. Hatched areas are coral reefs.

and *P. subfraudulenta/fraudulenta*), which also facilitated EM analysis by providing some level of diversity to be expected. Valve lengths were also recorded during DIC examination. Cell length measurements made via DIC microscopy could not always be coupled with EM observations due to the inability to identify many species (i.e., the above groups) during light microscopy observation. For this reason, the data on the variability of the cell length for four species out of seven are absent. While scanning electron microscopy (SEM) was adequate for identifying most of the *Pseudo-nitzschia* species encountered, transmission electron microscopy (TEM) was needed to distinguish among the various species within the "*pseudodelicatissima/cuspidata* complex" where examination of the poroid hymen structure (Lundholm et al., 2003) was required.

Frustule samples for microscope analysis were processed according to Parsons et al. (1999). Samples were boiled in concentrated HNO_3 for 20 min, and then washed six times with distilled water. The frustules were then resuspended in 1 ml of deionized, distilled water and transferred to a coverslip (DIC), stub (SEM) or grid (TEM) for examination. For DIC microscopic analysis, 0.2 ml of suspension was transferred to a 25 mm, No. 1 square coverslip (Fisher Scientific, 12-548C, Pitts-

burgh, PA, USA), dried on a hot plate (Fisher Scientific Isotemp, Pittsburgh, PA, USA) at low setting, and permanently mounted in Naphrax (Northern Biological Supplies, Ipswich, UK). These prepared slides were then examined on an Olympus BX51 microscope fitted with DIC optics at 600x and 1000x magnification.

For SEM, 0.1 ml of the suspension was transferred to a 15 mm, round coverslip (Ted Pella, Inc., Prod. No. 26024, Redding, CA, USA), which was then affixed to a pin-style, 0.5” aluminum mount (Ted Pella, Inc., Prod. No. 16084-1, Redding, CA, USA) with PELCO 12 mm conductive, adhesive pads (Ted Pella, Inc., Prod. No. 16111, Redding, CA, USA). Stubs were air dried overnight and then sputter-coated using a Fullam EMS-76 prior to examination on a Hitachi 3400SN SEM at a working distance of 10 mm and a voltage of 25 kV. For TEM, ~0.025 ml of the suspension was transferred to a copper grid, size 300, and covered with carbon (Electron Microscopy Sciences, Hatfield, PA, USA) for observation in a JEOL JEM1400 TEM. All EM work was conducted at the Florida Fish and Wildlife Research Institute, St. Petersburg, Florida, USA.

The following morphometric measurements were made to assist in taxonomic determination (Table 1): cell length (DIC); valve width (SEM and TEM); number of fibulae and striae per 10 µm, number of rows of poroids in each stria (SEM and TEM); poroid number per 1 µm (TEM); and the pattern of perforations in the hymen of each poroid (TEM). Additionally, the valve shape and the shape of its extremities (DIC and SEM) were considered.

RESULTS

Description of the genus

***Pseudo-nitzschia* H. Peragallo in H. et M. Peragallo, 1900**
Type (lectotype): *Pseudo-nitzschia seriata* (Cleve) H. Peragallo in H. et M. Peragallo, 1900.

The following description is based on the diagnosis by Hasle (1993).

Species of *Pseudo-nitzschia* form chain colonies characterized by overlapped cells. Each cell contains two chloroplasts, each located closer to the extremities, and a central nucleus. Individual cells and colonies can move, gliding in the longitudinal direction. The cingulum consists of a series of linear bands. For identification, the cells should be examined in valve view. The frustules are usually linear or lanceolate

in both valve and girdle view, but some species are asymmetric along the apical axis in valve view. The number of interstriae is equal or approximately double compared to the number of fibulae, and one or more rows of poroids between the striae are present. The raphe is eccentric and not elevated above the valvar surface, and the raphe wall lacks poroids. Two raphes of two adjacent cells are located one against other. Some species have a central nodule (= central interspace). Using the light microscope, it can be observed as a larger space between the central fibulae.

Hasle (1965) and Hasle & Syvertsen (1996) divided *Pseudo-nitzschia* into two groups: the "*seriata* complex" (valve width >3 µm) and the "*delicatissima* complex" (<3 µm). Lundholm et al. (2002, 2003) further clarified two more groups (the "*americana* complex" and the "*pseudodelicatissima/cuspidata* complex"); the former is distinguished via light microscopy by its valves with rounded ends and shorter lengths (<65 µm). The "*pseudodelicatissima/cuspidata* complex" is distinguished morphologically primarily by differences in the structure of the poroid hymens and girdle bands (Lundholm et al., 2003).

Table 1. Morphometric characteristics of *Pseudo-nitzschia* species found in the National Park Sistema Arrecifal Veracruzano.

Species	Length (µm)	Width (µm)	Striae in 10 µm	Fibulae in 10 µm	Poroids in 1 µm
P. brasiliana	23-40	2.0-2.7	24-25	22-24	9.0-9.5
"*delicatissima*" complex[1]	40-85				
P. calliantha		1.4-1.6	33-40	15-22	4.1-6.5[H]
P. cuspidata		1.5-1.7	36-41	19-23	6.0-6.8[HH]
P. delicatissima		1.3-1.4	33-36	21-24	9.1-11.4
P. pseudodelicatissima		1.1-1.6	35-44	17[L]-23	5.0-7.0
P. pungens	93-126	2.8-3.2	11-14	11-15	3.0-3.4
P. cf. *subcurvata*	28-36	1.9-2.5			

[1] Measurements of the cell length for the four species of the "*delicatissima* complex" listed below are given for all of them considering impossible to distinguish between them in light microscope.
[H] Upper end of measurements is higher than those in literature (Lundholm et al., 2003).
[HH] Upper end of measurements is higher than those in literature (Hasle, 1965; Skov et al., 1999; Lundholm et al., 2003).
[L] Lower end of measurements is lower than those in literature (Lundholm et al., 2003, 2006).

Description of species

1. ***Pseudo-nitzschia brasiliana*** **Lundholm, Hasle et G. A. Fryxell, 2002** (Pl. 1, Fig. 1; Pl. 2, Fig. 1)

Cells are narrow, linear, with widely rounded extremities, 23-40 µm long, 2.0-2.7 µm wide, overlapped 1/8-1/11 of the cell length. 22-24 striae in 10 µm and 24-25 fibulae in 10 µm (Table 1). Two rows of poroids more or less circular, 9.0-9.5 in 1 µm, tending to form the third row near the valve margins. Central interspace is absent.

Taxonomic note. This species belongs to the "*americana* complex". Unlike the "*seriata* complex", the species of the "*americana* complex" have rounded valvar poles, slightly shorter cells, and weaker silicification. Unlike the "*delicatissima* complex", the valves are wider and more robust. The number of fibulae and striae in the specimens from NPSAV is within that reported by other authors (19-28 fibulae and striae in 10 µm in Lundholm et al., 2002, and Quijano-Scheggia et al., 2008, 2011).

A new record for the SW Gulf of Mexico.

Toxicity. The species has not yet been reported to be toxic (Lundholm et al., 2002).

2. ***Pseudo-nitzschia calliantha*** **Lundholm, Moestrup et Hasle, 2003** (Pl. 1, Fig. 2)

Cells are very narrow, linear, 40-85 µm long, 1.4-1.6 µm wide. The degree of overlap between cells in colonies is unknown (it is not given in the original description by Lundholm et al., 2003). 33-40 striae in 10 µm and 15-22 fibulae in 10 µm. One row of relatively large circular poroids, 4.1-6.5 in 1 µm. The hymen is discontinuously perforated, consisting of 4-9 peripheral sectors and a central area; the poroids having the lower number of sectors are always closer to the valve opposite to that with smaller fibulae and poroids. Central interspace is present.

Taxonomic note. This species belongs to the "*delicatissima* complex" (Hasle & Syvertsen, 1996) and the "*pseudodelicatissima/cuspidata* complex" (Lundholm et al., 2003). The numbers of fibulae and striae in the specimens from NPSAV are within those reported by others (19-20 and 39-40 in 10 µm, respectively, in Bargu et al., 2004; 15-22 and 34-39 in 10 µm in Lundholm et al., 2003; 15-26 and 30-40 in 10 µm in Quijano-Scheggia et al., 2008).

A new record for the SW Gulf of Mexico. It was identified for the first time in the Gulf of Mexico in Florida (Lundholm et al., 2003). Recently, it was reported in Louisiana waters, where it was dominant among other *Pseudo-nitzschia* species (Del Rio et al., 2010).

Toxicity. Some strains of this species are toxic (Lundholm et al., 1997, 2003; Bates & Trainer, 2006). However, Orlova et al. (2008) did not detect any toxicity in a strain of *P. calliantha* from the Sea of Japan, and strains from the southern Gulf of St. Lawrence, Canada, were also below the limit of detection for DA (S. Bates, pers. comm.).

3. *Pseudo-nitzschia cuspidata* (Hasle) Hasle, 1974 emend. Lundholm, Moestrup et Hasle, 2003 (Pl. 1, Fig. 3)
Bas.: *Nitzschia cuspidata* Hasle, 1965.

Cells are very narrow, linear or lanceolate, with acute extremities, 1.5-1.7 µm wide, overlapped 1/5-1/6 of the cell length. 36-41 striae in 10 µm and 19-23 fibulae in 10 µm. One row of relatively large poroids, 6.0-6.8 in 1 µm. The hymen is usually perforated by four sectors (each partially divided), so that the perforation is not continuous. Central interspace is present.

Taxonomic note. This species belongs to the "*delicatissima* complex" (Hasle & Syvertsen, 1996) and the "*pseudodelicatissima/cuspidata* complex" (Pl. 2, Fig. 2-4; Lundholm et al., 2003). The number of fibulae and striae in the specimens from NPSAV are within those reported by others, however, the poroids are somewhat denser (14-22 and 29-39 in 10 µm and 4-6 poroids in 1 µm, respectively, in Hasle, 1965, and Skov et al., 1999; 19-25 and 35-44 in 10 µm and 4-6 poroids in 1 µm in Lundholm et al., 2003). The hymen in *P. cuspidata* and *P. pseudodelicatissima* is very similar, so that it is not always possible to distinguish between these two species even in TEM; principally, they are distinguished by the shape of the valves (tapering from the middle part of the valve towards the extremities in *P. cuspidata* and tapering only near the extremities in *P. pseudodelicatissima*) and by the cell width (relatively thinner in *P. pseudodelicatissima*) (Lundholm et al., 2003).

In the SW Gulf of Mexico, the species has been previously reported from Tuxpan, Veracruz, México (Lundholm et al., 2003).

Toxicity. Reports prior to 2003 about the toxicity of *P. cuspidata* are not reliable due to confusion of this species with *P. pseudodelicatissima* (Lundholm et al., 2003). However, more recent studies have confirmed the toxicity of *P. cuspidata* (Trainer et al., 2009).

4. *Pseudo-nitzschia delicatissima* (Cleve) Heiden, 1928 (Pl. 1, Fig. 4)
Bas.: *Nitzschia delicatissima* Cleve, 1897.
Syn.: *Nitzschia actydrophila* Hasle, 1965.

Cells are very narrow, linear or lanceolate, 40-85 µm long, 1.3-1.4 µm wide, overlapped 1/7-1/10 of the cell length. 33-36 striae in 10 µm and 21-24 fibulae in 10 µm. Two rows of small poroids. The hymen has a continuously perforated area, 9.1-11.4 poroids in 1 µm. Central interspace is present.

Taxonomic note. This species belongs to the "*delicatissima* complex" (Hasle & Syvertsen, 1996). The number of fibulae in the specimens from NPSAV is within that reported by Hasle (1965), i.e., 19-25 in 10 µm.

Toxicity. This species has never caused any natural toxic event (Skov et al., 1999). However, the presence of the DA was registered in cultures (Smith et al., 1991; Rhodes et al., 1998). DA is reported as undetectable in most culture studies on *P. delicatissima* (Villac et al., 1993; Lundholm et al., 1994; Fehling et al., 2005).

5. *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* (Hasle) Hasle, 1993 emend. Lundholm, Moestrup et Hasle, 2003 (Pl. 1, Fig. 5)
Bas.: *Nitzschia pseudodelicatissima* Hasle, 1976.
Syn.: *Nitzschia delicatula* Hasle, 1965.

Cells are very narrow, linear, 40-85 µm long, 1.1-1.6 µm wide, symmetric in relation to the apical axis, with more or less acute extremities, overlapped 1/5-1/6 of the cell length. 35-44 striae in 10 µm and 17-23 fibulae in 10 µm. One row of small, circular, ovoid or more or less quadrate poroids with rounded angles, 5.0-7.0 in 1 µm. The hymen has 1 to 4 perforated areas (partially divided), so that the perforation is not continuous. Central interspace is present.

Taxonomic note. This species belongs to the "*delicatissima* complex". The number of poroids in the specimens from NPSAV is slightly higher compared to those reported by others (4-6 in 1 µm in Hasle, 1965; 5-6 in Takano & Kuroki, 1977, and Rivera, 1985; 4.8-5.5 in Lundholm et al., 2003). Also, the number of striae and fibulae are higher (29-33 and 16-19 in 10 µm, respectively, in Licea, 1992).

Toxicity. Certain strains of this species are toxic (Pan et al., 2001 [now known to be *P. pseudodelicatissima* instead of *P.* sp. cf. *pseudodelicatissima*, M. Parsons pers. obs.]; Bates & Trainer, 2006; Moschandreou et al., 2010), although more often non-toxic strains have been reported (see references in Moschandreou et al., 2010).

6. *Pseudo-nitzschia pungens* (Grunow ex Cleve) Hasle, 1993 (Pl. 1, Fig. 6)
Bas.: *Nitzschia pungens* Grunow ex Cleve, 1897.

Cells linear or lanceolate, symmetrical in relation to the apical axis, 93-126 µm long, 2.8-3.2 µm wide, overlapped 1/3-1/4 of the cell length. 11-14 striae in 10 µm and 11-15 fibulae in 10 µm. Two rows of large, circular poroids, 3.0-3.4 in 1 µm.

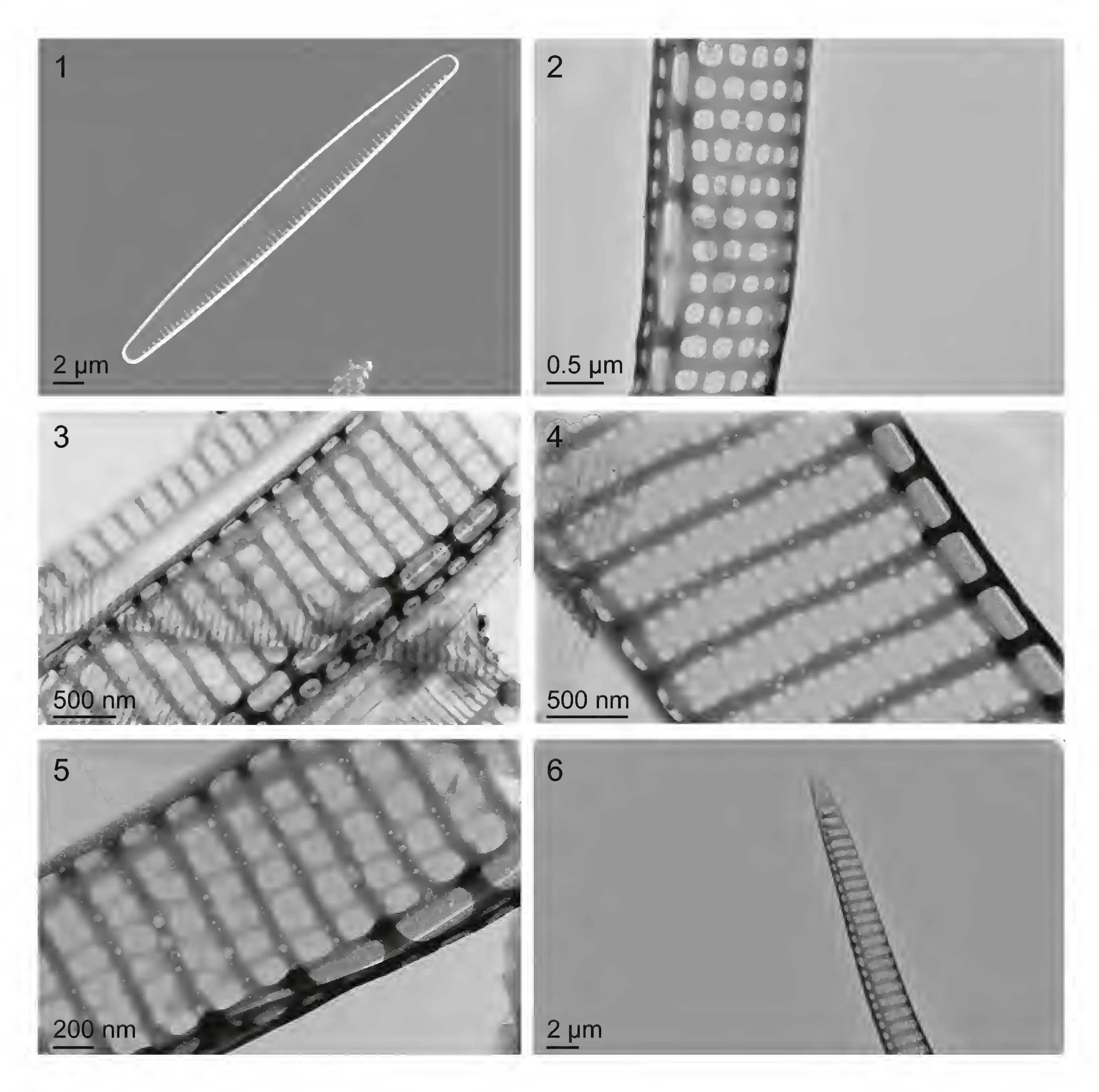


Plate 1. Morphology of *Pseudo-nitzschia* species from the National Park Sistema Arrecifal Veracruzano in electron microscope (1 – SEM, 2-6 – TEM): 1 – *P. brasiliana*, 2 – *P. calliantha*, 3 – *P. cuspidata*, 4 – *P. delicatissima*, 5 – *P. pseudodelicatissima*, 6 – *P. pungens.*

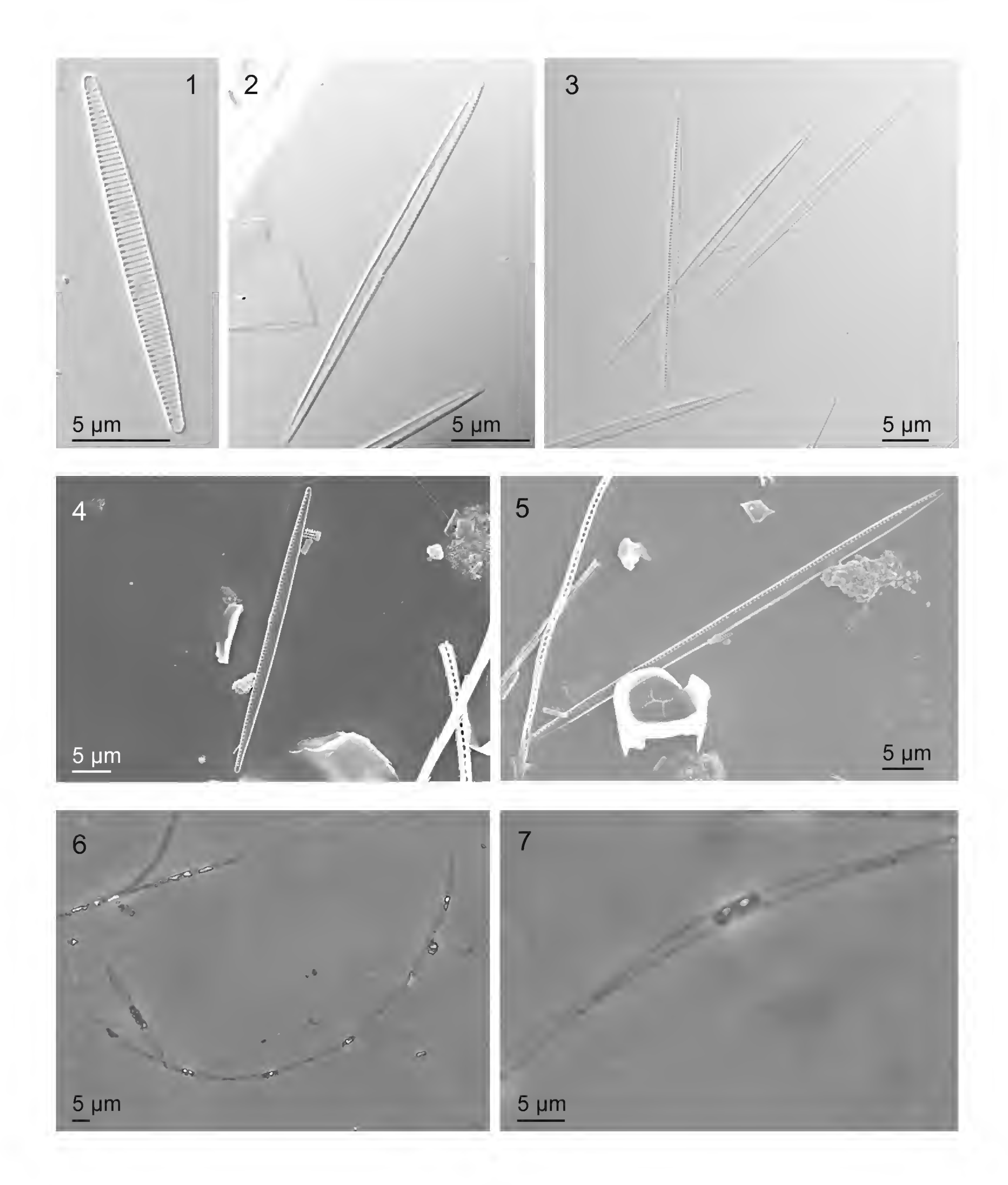


Plate 2. Morphology of *Pseudo-nitzschia* species from the National Park Sistema Arrecifal Veracruzano: 1 (DIC) – *P. brasiliana*; 2 and 3 (DIC), 4 and 5 (SEM) – *P.* "*pseudodelicatissima/ cuspidata* complex"; 6 and 7 (phase contrast) – *P.* cf. *subcurvata*.

Taxonomic note. This species belongs to the "*seriata* complex" (Hasle & Syvertsen, 1996). The number of poroids in the specimens from NPSAV is higher than that reported in Quijano-Scheggia et al. (2008) (2.5-3.0 in 1 µm), but is within the range reported by others (3-4 in 1 µm in Hasle, 1965; Takano & Kuroki, 1977; Rivera, 1985). The literature sometimes indicates one or three rows of poroids in 1 µm (Hasle, 1965; Rivera, 1985), whereas only two rows were observed in the cells from NPSAV.

Toxicity. The species is most often characterized as being non-toxic; however, some strains do produce low amounts of DA (Bates & Trainer, 2006). DA was detected in strains isolated from Washington State, USA (Trainer et al., 1998; Baugh et al., 2006) and New Zealand (Rhodes et al., 1998).

7. *Pseudo-nitzschia* cf. *subcurvata* (Hasle) G. A. Fryxell, 1993 (Pl. 2, Fig. 6 and 7)
Bas.: *Nitzschia subcurvata* Hasle, 1964.

Cells are lanceolate, curved in relation to the apical axis: in valve view, convex from one side and concave from another, 28-36 µm long, 1.9-2.5 µm wide, overlapped 1/7-1/8 of the cell length. Striae and fibulae were not distinguished in the light microscope. Cells are solitary or form colonies of 3 to 6 cells.

Taxonomic note. This species belongs to the "*delicatissima* complex". The cells previously observed by others are 47-113 µm long, 1.5-2.5 µm wide, have 44-49 striae and 12-18 fibulae in 10 µm (Hasle, 1964; Hasle & Syvertsen, 1996).

Biogeographic note. *Pseudo-nitzschia subcurvata* is abundant in the Antarctic (Hasle, 1964; Hasle & Syvertsen, 1996; Scott & Thomas, 2005; Almandoz et al., 2008). The species has been also encountered in the Arctic, Subarctic Pacific and near the eastern Australia (Taylor & Waters, 1982; Crosbie & Furnas, 2001; Flint et al., 2001; Ikävalko, 2003). The species was first reported for the Gulf of Mexico by Aké-Castillo & Okolodkov (2009).

Toxicity. There are no reports about the toxicity of this species.

DISCUSSION

Out of seven species presented in this work, *Pseudo-nitzschia brasiliana* and *P. calliantha* are new records for the SW Gulf of Mexico. *Pseudo-nitzschia multiseries*, *P. pungens*, *P. subfraudulenta* and *P. subpacifica* have been previously reported from the Strait of Yucatan (Licea, 1992), and *P. delicatissima* from Veracruz (Santoyo & Signoret, 1988). A similar diversity of *Pseudo-nitzschia* was noted by Parsons et al.

(1998), who reported on the presence of six species of *Pseudo-nitzschia* in the northern Gulf of Mexico: *P.* cf. *americana* (now known to be *P. brasiliana*), *P. delicatissima*, *P. pseudodelicatissima* (now known to also include *P. calliantha* and *P. cuspidata*), *P. multiseries*, *P. pungens* and *P. subfraudulenta*. *P. multistriata* has also been observed in the northern Gulf of Mexico (M. Parsons, pers. obs.). Three of the species found in the northern Gulf of Mexico were not observed in this study: *P. multiseries*, *P. multistriata* and *P. subfraudulenta*, suggesting that there may be a greater diversity of *Pseudo-nitzschia* present in the NPSAV than captured in this study, or that biogeographic limits of these species may be present. Similarly, *P. subcurvata* was not observed in the northern Gulf of Mexico, possibly due to similar reasons. Wolny & Heil (2005, unpubl. data) reported on the presence of nine species of *Pseudo-nitzschia* in coastal waters of west Florida (*P. calliantha*, *P. cuspidata*, *P. delicatissima*, *P. granii*, *P. heimii*, *P. multiseries*, *P. pseudodelicatissima*, *P. pungens* and *P. turgidula*), again demonstrating the presence of additional species (*P. granii*, *P. heimii* and *P. turgidula*) and the absence of others (*P. multistriata*, *P. subcurvata* and *P. subfraudulenta*). It is therefore likely that a higher diversity of *Pseudo-nitzschia* is present in the Gulf of Mexico than has been documented to date, and/or that biogeographic limitations may be present for some species in some localities; e.g., *P. multiseries* was absent in samples >27 °C in coastal Louisiana (M. Parsons, unpubl. data).

The analysis of our samples showed the frequent dominance of *Pseudo-nitzschia* species in net plankton. *Pseudo-nitzschia delicatissima* was one of the three most conspicuous diatoms in the annual cycle of 1975-1976 at Punta Limón, in the central part of coast of the State of Veracruz (Santoyo & Signoret, 1988). *Pseudo-nitzschia* species continued to be a dominant member of the phytoplankton community, dominating the phytoplankton community in NPSAV from May into November 2005, reaching bloom concentrations (1.5 x 10^6 cells/l) in August 2005 (Okolodkov et al., 2009). This time period was characterized by higher temperature (up to 32 °C) and high precipitation (Okolodkov et al., 2009), suggesting possible nutrient enrichment related to local riverine inputs from the rivers Jamapa (discharging into the NPSAV), La Antigua (to the north-west), and Papaloapan (to the south-east). Just as other studies have demonstrated that *Pseudo-nitzschia* can proliferate in eutrophic conditions (e.g., Dortch et al., 1997; Parsons et al., 2002), continued nutrient enrichment and subsequent eutrophication of the coastal urban zone of Veracruz-Boca del Río-Antón Lizardo from these riverine inputs could result in larger and more frequent *Pseudo-nitzschia* blooms. This study demonstrates that potentially toxic *Pseudo-nitzschia* species are present in NPSAV; thus their increased abundances could lead to an increased risk of ASP

in the study area. The vectors of DA in the NPSAV are still unknown, however, and will require further study. Seasonality of individual *Pseudo-nitzschia* species and their relationships with physical-chemical variables in the context of the entire planktonic phytocoenosis must be one of the future priorities to allow evaluation of the potential risk of ASP in the study area.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank the Aquarium of Veracruz, Guadalupe Campos-Bautista (responsible for the project “Monitoreo de florecimientos algales nocivos en el área del Acuario de Veracruz en mayo del 2005-mayo del 2006”) for logistics during sampling, and the Dirección General de Investigaciones, Universidad Veracruzana, for financial support for the project “Algas de la zona arrecifal Veracruzana, Golfo de México, con énfasis en las algas rojas, diatomeas y dinoflagelados” (2007-2009), awarded to YBO. We also thank Cindy Heil for her permission to use the electron microscopes at the Florida Fish and Wildlife Research Institute (FWRI) in St. Petersburg, Florida, USA, and Paula Scott (FWRI) for her assistance in sample preparation and examination on the microscopes. Stephen Bates (Fisheries and Oceans Canada, Moncton, New Brunswick, Canada) reviewed the manuscript and offered valuable suggestions. Néstor M. Ruíz-Robinson and Natalia Okolodkova are thanked for technical assistance in constructing the photographic plates, and Marcia M. Gowing for help with revising the manuscript.

LITERATURE CITED

Akallal, R. & A. Mouradi. 2000. *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* bloom in Atlantic Moroccan waters 1999. Harmful Algae News 20: 14.

Aké-Castillo, J. A. & Y. B. Okolodkov. 2009. *Pseudo-nitzschia subcurvata* (Bacillariophyceae) in the Gulf of Mexico? Harmful Algae News 40: 6-7.

Almandoz, G. O., M. E. Ferrario, G. A. Ferreyra, I. R. Schloss, J. L. Esteves & F. E. Paparazzo. 2007. The genus *Pseudo-nitzschia* (Bacillariophyceae) in continental shelf waters of Argentina (Southwestern Atlantic Ocean, 38-55°S). Harmful Algae 6: 93-103.

Almandoz, G., G. A. Ferreyra, I. R. Schloss, A. I. Dogliotti, V. Rupolo, F. E. Paparazzo, J. L. Esteves & M. E. Ferrario. 2008. Distribution and ecology of *Pseudo-nitzschia* species (Bacillariophyceae) in surface waters of the Weddell Sea (Antarctica). Polar Biol. 6: 429-442.

Badylak, S., E. Phlips & K. Kelley. 2006. *Pseudo-nitzschia calliantha* (Bacillariophyceae) from the Indian River Lagoon, Florida. Diatom Res. 21(2): 263-267.

Bargu, S., T. Koray & N. Lundholm. 2004. First report of *Pseudo-nitzschia calliantha* Lundholm, Moestrup & Hasle 2003, a new potentially toxic species from Turkish coasts. E. U. J. Fish. Aquat. Sci. 19(3-4): 479-483.

Bates, S. S., C. J. Bird, A. S. W. de Freitas, R. Foxall, M. Gilgan, L. A. Hanic, G. R. Johnson, A. W. McCulloch, P. Odense, R. Pocklington, M. A. Quilliam, P. G. Sim & J. C. Smith. 1989. Pennate diatom *Nitzschia pungens* as the primary source of domoic acid, a toxin in shellfish from eastern Prince Edward Island, Canada. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 46: 1203-1215.

Bates, S. S. & D. J. A. Richard. 2000. Shellfish harvest area closure due to domoic acid - Mill River, Prince Edward Island. Harmful Algae News 21: 6-7.

Bates, S. S. & V. L. Trainer. 2006. The ecology of harmful diatoms. In: Granéli, E. & J. T. Turner (eds.). Ecology of harmful algae. Ecological Studies 189. Springer-Verlag. Berlin. pp. 81-93.

Baugh, K. A., J. M. Bush, B. D. Bill, K. A. Lefebvre & V. L. Trainer. 2006. Estimates of specific toxicity in several *Pseudo-nitzschia* species from the Washington coast, based on culture and field studies. Afr. J. Mar. Sci. 28: 393-397.

Bogan, Y. M., K. Bender, A. Hervas, D. J. Kennedy, J. W. Slater & P. Hess. 2007. Spatial variability of domoic acid concentration in king scallops *Pecten maximus* off the southeast coast of Ireland. Harmful Algae 6: 1-14.

Cho, E. S., H. G. Hur, H. S. Byun, S. G. Lee, L. L. Rhodes, C. S. Jeong & J. G. Park. 2002. Monthly monitoring of domoic acid producer *Pseudo-nitzschia multiseries* (Hasle) Hasle using species-specific DNA probes and WGA lectins and abundances of *Pseudo-nitzschia* species (Bacillariophyceae) from Chinhae Bay, Korea. Bot. Mar. 45: 364-372.

Conger, P. S., G. A. Fryxell & S. Z. El-Sayed. 1972. Diatom species reported from the Gulf of Mexico. In: El-Sayed, S. Z., W. M. Sackett, L. M. Jeffrey, A. D. Fredericks, R. P. Saunders, P. S. Conger, G. A. Fryxell, K. A. Steidinger & S. A. Earle (eds.). Chemistry, primary productivity, and benthic algae of the Gulf of Mexico. Folio of the Serial Atlas of the Marine Environment. Office of Naval Research, Texas A&M Research Foundation, College of Geosciences, Texas A&M University. College Station, Texas. pp. 18-23.

Cortés-Altamirano, R. & A. P. Sierra-Beltrán. 2008. Biotoxins from freshwater and marine harmful algal blooms occurring in Mexico. Toxin Rev. 27: 27-77.

Crosbie, N. D. & M. J. Furnas. 2001. Net growth rates of picocyanobacteria and nano-/microphytoplankton inhabiting shelf waters of the central (17°S) and southern (20°S) Great Barrier Reef. Aquat. Microb. Ecol. 24: 209-224.

Del Rio, R., S. Bargu, D. Baltz, S. Fire, G. Peterson & Z. Wang. 2010. Gulf menhaden (*Brevoortia patronus*): a potential vector of domoic acid in coastal Louisiana food webs. Harmful Algae 10: 19-29.

Dortch, Q., R. Robichaux, S. Pool, D. Milsted, G. Mire, N. N. Rabalais, T. M. Soniat, G. A. Fryxell, R. E. Turner & M. L. Parsons. 1997. Abundance and vertical flux of *Pseudo-nitzschia* in the northern Gulf of Mexico. Mar. Ecol. Prog. Ser. 146: 249-264.

Fehling, J., D. H. Green, K. Davidson, C. J. Bolch & S. S. Bates. 2004. Domoic acid production by *Pseudo-nitzschia seriata* (Bacillariophyceae) in Scottish waters. J. Phycol. 40: 622-630.

Fehling, J., K. Davidson & S. S. Bates. 2005. Growth dynamics of non-toxic *Pseudo-nitzschia delicatissima* and toxic *P. seriata* (Bacillariophyceae) under simulated spring and summer photoperiods. Harmful Algae 4: 763-769.

Flint, M. V., I. N. Sukhanova, A. I. Kopylov, S. G. Poyarkov & T. E. Whitledge. 2001. Plankton distributions associated with frontal zones in the vicinity of the Pribylof Islands. Deep-Sea Res. II 49: 6069-6093.

Fryxell, G. A., M. E. Reap & D. L. Valencic. 1990. *Nitzschia pungens* Grunow f. *multiseries* Hasle: observations of a known neurotoxic diatom. Beih. Nova Hedw. 100: 171-188.

Fryxell, G. A., M. E. Reap, D. L. Roelke, L. A. Cifuentes & D. L. Valencic. 1991. Confirmed presence of neurotoxin-producing diatom around Galveston, Texas. In: Shipley, F. S. & R. W. Kiesling (eds.). Proceedings of the Galveston Bay Characterization Workshop, February 21-23, 1991. The Galveston Bay National Estuary Program. Publication GBNEP-6. Webster, Texas. pp. 153-154.

Gómez-Aguirre, S., S. Licea & S. Gómez. 2004. Proliferaciones de *Pseudo-nitzschia* spp. (Bacillariophyceae) y otras especies del microplancton en la Bahía de Mazatlán, México. In: Sierra-Beltrán, A. P., R. Cortés-Altamirano, A. La Barbera Martínez & F. Gavidia-Medina (eds.). Harmful algal blooms in the Caribbean. Rev. Biol. Trop. 52(1): 69-76.

Guiry, M. D. 2011. AlgaeBase. World-wide electronic publication. National University of Ireland, Galway. http://www.algaebase.org; searched on 05 May 2011.

Hasle, G. R. 1964. *Nitzschia* and *Fragilariopsis* species studied in the light and electron microscopes. I. Some marine species of the groups *Nitzschiella* and *Lanceolatae*. Skrift. Norske Vidensk. Akad. 16: 1-48.

Hasle, G. R. 1965. *Nitzschia* and *Fragilariopsis* species studied in the light and electron microscopes. II. The group *Pseudo-nitzschia*. Det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo, I. Mat. Naturv. Klasse, Ny Serie. 18: 1-45.

Hasle, G. R. 1993. Nomenclatural notes on marine planktonic diatoms. The family Bacillariaceae. Beih. Nova Hedw. 106: 315-321.

Hasle, G. R. 2002. Are most of the domoic acid producing species of the diatom genus *Pseudo-nitzschia* cosmopolites? Harmful Algae 1: 137-147.

Hasle, G. R. & E. E. Syvertsen. 1996. Marine diatoms. In: Tomas, C. R. (ed.). Identifying marine phytoplankton. Academic Press. San Diego, California. pp. 5-385.

Ikävalko, I. 2003. Report on sea ice communities (D 4.2.3.1). GROWTH Project GRD2-2000-30112 “ARCOP”. Finish Institute of Marine Research (Helsinki), Finland. 42 pp. (not paginated).

Kotaki, Y. K. Koike, M. Yoshida, C. Van Thuoc, N. T. Minh, N. C. Hoi, Y. Fukuyo & M. Kodama. 2000. Domoic acid production in *Nitzschia* sp. (Bacillariophyceae) isolated from a shrimp culture pond in Do Son, Vietnam. J. Phycol. 36: 1057-1060.

Krayevsky, D. M., E. Meave del Castillo, E. Zamudio, J. N. Norris & S. Frederique. 2009. Diatoms (Bacillariophyta) of the Gulf of Mexico. In: Felder, D. L. & D. K. Camp. Gulf of Mexico origin, waters, and biota. Vol. 1, Biodiversity. Texas A&M University Press. College Station, Texas. pp. 155-186.

Licea, S. 1992. Especies de diatomeas seleccionadas del sur del Golfo de México, estudiadas en microscopio de luz y electrónico. Tesis de doctorado. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Colegio de Ciencias y Humanidades, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 66 pp., 30 lám.

Licea, S., Gómez-Aguirre, S. & J. L. Moreno. 2000. The occurrence of the diatom genus *Pseudo-nitzschia* Peragallo in Mexican coastal waters, 1979-2000. In: Economou-Ammilli, A. (ed.). Proceedings of the 16th International Diatoms Symposium, Athens & Aegean Islands. 25 August - 1 September, 2000. Amvrosiou Press, University of Athens. Athens, Greece. p. 78.

Licea, S., M. Ferrario & S. Gómez-Aguirre. 2004. The occurrence and abundance of the diatom genus *Pseudo-nitzschia* Peragallo in the Mexican Waters (1979-2004). In: Pitcher, G. (ed.). Book of abstracts, XI International Conference on Harmful Algal Blooms. Cape Town, South Africa. 14-19 November. p. 169.

Liefer, J. D., H. L. MacIntyre, L. Novoveska, W. L. Smith & C. P. Dorsey. 2009. Temporal and spatial variability in *Pseudo-nitzschia* spp. in Alabama coastal waters: A "hot spot" linked to submarine groundwater discharge? Harmful Algae 8: 706-714.

Lundholm, N. & Ø. Moestrup. 2002. The marine diatom *Pseudo-nitzschia galaxiae* sp. nov. (Bacillariophyceae): morphology and phylogenetic relationships. Phycologia 41: 594-605.

Lundholm, N., J. Skov, R. Pocklington & Ø. Moestrup 1994. Domoic acid, the toxic amino acid and responsible for amnesic shellfish poisoning, now in *Pseudonitzschia seriata* (Bacillariophyceae) in Europe. Phycologia 33: 457-478.

Lundholm, N., J. Skov, R. Pocklington & Ø. Moestrup 1997. Studies of the marine planktonic diatom *Pseudo-nitzschia*. 2. Autecology of *P. pseudodelicatissima* based on isolates from Danish coastal waters. Phycologia 36: 381-388.

Lundholm, N., G. R. Hasle, G. A. Fryxell & P. E. Hargraves. 2002. Morphology, phylogeny and taxonomy of species within the *Pseudo-nitzschia americana* complex (Bacillariophyceae) with descriptions of two new species *Pseudo-nitzschia brasiliana* and *Pseudo-nitzschia linea*. Phycologia 41(5): 480-497.

Lundholm, N., Ø. Moestrup, G. R. Hasle & K. Hoef-Emden. 2003. A study of the *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima/cuspidata* complex (Bacillariophyceae): what is *P. pseudodelicatissima*? J. Phycol. 39: 797-813.

Lundholm, N., P. Andersen, K. Jørgensen, B. Ring Thorbjørnsen, A. Cembella & B. Krock. 2005. Domoic acid in Danish blue mussels due to a bloom of *Pseudo-nitzschia seriata*. Harmful Algae News 29: 8-10.

Lundholm, N., Ø. Moestrup, Y. Kotaki, K. Hoef-Emden, C. Scholin & P. Miller. 2006. Inter- and intraspecific variation of the *Pseudo-nitzschia delicatissima* complex (Bacillariophyceae) illustrated by rRNA probes, morphological data and phylogenetic analyses. J. Phycol. 42: 464-481.

MacIntyre, H. L., A. L. Stutes, W. L. Smith, C. P. Dorsey, A. Abraham & R.W. Dickey. 2011. Environmental correlates of community composition and toxicity during a bloom of *Pseudo-nitzschia* spp. in the northern Gulf of Mexico. J. Plankton Res. 33: 273-295.

Meave del Castillo, M. E., J. A. Aké-Castillo & S. L. Guerra-Martínez. 2000. Dominancia de las diatomeas del género *Pseudo-nitzschia* H. Peragallo en las costas de Baja California (Marzo 1999). In: Book of abstracts, XII National Congress of Oceanography (22-26 May). Huatulco, Oaxaca, México. p. 145.

Meave del Castillo, M. E. & D. U. Hernández-Becerril. 1998. Fitoplancton. In: Tapia-García, M. (ed.). El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. México, D.F. pp. 59-74.

Moreno-Ruiz, J. L., S. Licea, M. Tapia-García, C. González-Macias, J. M. Fernández-Gonzáñez & G. Figueroa-Torres. 2004. Some harmful and toxic diatom blooms in the southern Mexican Pacific (May 1990-Dec. 2001). In: Steidinger, K. A., J. H. Landsberg, C. R. Tomas & G. A. Vargo (eds.). Harmful Algae 2002. Book of abstracts of the Xth International Conference on Harmful Algae, October 21-25, 2002. St. Pete Beach, Florida, USA. Florida Fish and Wildlife Conservation Commission, Florida Institute of Oceanography and Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO. St. Petersburg, Florida. p. 205.

Moschandreou, K. K., D. Papaefthimiou, P. Katikou, E. Kalopesa, A. Panou & G. Nikolaidis. 2010. Morphology, phylogeny and toxin analysis of *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* (Bacillariophyceae) isolated from the Thermaikos Gulf, Greece. Phycologia 49(3): 260-273.

Nezan, E., E. Antoine, L. Fiant, Z. Amzil & C. Billard. 2006. Identification of *Pseudo-nitzschia australis* and *P. multiseries* in the Bay of Seine. Harmful Algae News 31: 1-3.

Ochoa, J. L., A. Sierra-Beltran, A. Cruz-Villacorta & E. Núñez. 1996. Domoic acid in Mexico. In: Penney, R.W. (ed.). Proceedings of the Fifth Canadian Workshop on Harmful Marine Algae. Department of Fisheries and Oceans. St. John's, Newfoundland, Canada. pp. 82-90.

Okolodkov, Y. B. 2008. *Protoperidinium* Bergh (Dinophyceae) of the National Park Sistema Arrecifal Veracruzano, Gulf of Mexico, with a key for identification. Acta Bot. Mex. 84: 93-149.

Okolodkov, Y. B., G. Campos-Bautista, M. L. Parsons, R. Torres-Salgado & J. A. Aké-Castillo. 2009. El género *Pseudo-nitzschia* (Bacillariophycae) en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, Golfo de México: taxonomía y dinámica estacional. In: Resúmenes del Taller sobre Florecimientos Algales Nocivos (FAN): Integración del Conocimiento sobre Eventos de FAN en México, 9-11 de noviembre de 2009, Acapulco, Guerrero. p. 42.

Orlova, T., I. Stonik, N. Aizdaicher, S. Bates, C. Léger & J. Fehling. 2008. Toxicity, morphology and distribution of *Pseudo-nitzschia calliantha*, *P. multistriata* and *P. multiseries* (Bacillariophyta) from the northwestern Sea of Japan. Bot. Mar. 51: 297-306.

Pan, Y., M. L. Parsons, M. Busman, P. Moeller, Q. Dortch, C. L. Powell, G. A. Fryxell & G. J. Doucette. 2001. *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* - a confirmed producer of domoic acid from the northern Gulf of Mexico. Mar. Ecol. Prog. Ser. 220: 83-92.

Parsons, M. L., Q. Dortch & G. A. Fryxell. 1998. A multi-year study of the presence of potential domoic acid-producing *Pseudo-nitzschia* species in the coastal and estuarine waters of Louisiana, USA. In: Reguera, B., J. Blanco, M. L. Fernández, & T. Wyatt (eds.). Harmful algae. Proceedings of the VIII International Conference on Harmful Algae. 25-28 June 1997. Vigo, Spain. pp. 184-187.

Parsons, M. L., C. A. Scholin, P. E. Miller, G. J. Doucette, C. L. Powell, G. A. Fryxell, Q. Dortch & T. M. Soniat. 1999. *Pseudo-nitzschia* species (Bacillariophyceae) in Louisiana coastal waters: molecular probe field trials, genetic variability and domoic acid analyses. J. Phycol. 35: 1368-1378.

Parsons, M. L., Q. Dortch & R. E. Turner. 2002. Sedimentological evidence of an increase in *Pseudo-nitzschia* (Bacillariophyceae) abundance in response to coastal eutrophication. Limnol. Oceanogr. 47(2): 551-558.

Perl, T. M., L. Bedard, T. Kosatsky, J. C. Hockin, E. C. D. Todd & R. S. Remis. 1990. An outbreak of toxic encephalopathy caused by eating mussels contaminated with domoic acid. New England J. Med. 322: 1775-1780.

Quijano-Scheggia, S., E. Garcés, N. Sampedro, K. Lenning, E. Flo, K. Andree, J. M. Fortuño & J. Camp. 2008. Identification and characterization of the dominant *Pseudo-nitzschia* species (Bacillariophyceae) along the NE Spanish coast (Catalonia, NW Mediterranean). Scientia Mar. 72(2): 343-359.

Quijano-Scheggia, S., E. Garcés, K. Andree, J. M. Fortuño & J. Camp. 2009. Homothallic auxosporulation in *Pseudo-nitzschia brasiliana* (Bacillariophyta). J. Phycol. 45: 100-107.

Quijano-Scheggia, S., A. Olivos-Ortiz, J. H. Gaviño-Rodríquez, F. Castro-Ochoa, M. Rivera-Vilarelle, M. Galicia-Pérez & M. Patiño-Barragan. 2011. First report of *Pseudo-nitzschia brasiliana* and *P. micropora* (Bacillariophyceae) found in Cuyutlan Lagoon, Mexico. Rev. Biol. Mar. Oceanogr. 46(2): 189-197.

Rhodes, L., C. A. Scholin, I. Garthwaite, A. Haywood & A. Thomas. 1998. Domoic acid producing *Pseudo-nitzschia* species educed by whole cell DNA probe-based and immunochemical assays. In: Reguera, B., J. Blanco, M. L. Fernández & T. Wyatt (eds.). Harmful algae. Proceedings of the VIII International Conference on Harmful Algae. 25-28 June 1997. Vigo, Spain. pp. 274-277.

Rivera, P. 1985. Las especies del género *Nitzschia* Hassall, sección *Pseudonitzschia* (Bacillariophyceae), en las aguas marinas chilenas. Gayana Bot. 42(3-4): 9-38.

Sahraoui, I., A. Sakka Hlaili, H. Hadj Mabrouk, C. Léger & S. S. Bates. 2009. Blooms of the genus *Pseudo-nitzschia* H. Peragallo in Bizerte Lagoon (Tunisia, SW Mediterranean). Diatom Res. 24: 175-190.

Santoyo, R. H. & M. Signoret. 1988. Algunas características del fitoplancton de la región marina adyacente de Punta Limón, Veracruz. Anales Esc. Nac. de Cienc. Biol. Méx. 32(1-4): 177-212.

Sarno, D. & J. Dahlmann. 2000. Production of domoic acid in another species of *Pseudo-nitzschia: P. multistriata* in the Gulf of Naples (Mediterranean Sea). Harmful Algae News 21: 5.

Schwacke, L. H., M. J. Twiner, S. De Guise, B. C. Balmer, R. S. Wells, F. I. Townsend, D. C. Rotstein, R. A. Varela, L. J. Hansen, E. S. Zolman, T. R. Spradin, M. Levin, H. Leibrecht, Z. Wang & T. K. Rowles. 2010. Eosinophilia and biotoxin exposure in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) from a coastal area impacted by repeated mortality events. Environ. Res. 110: 548-555.

Scott, F. J. & D. P. Thomas. 2005. Diatoms. In: Scott, F. J. & H. J. Marchant (eds.). Antarctic marine protists. Australian Biological Resources Study, Australian Antarctic Division Canberra & Hobart. pp. 13-201.

Sierra-Beltrán, A. P., R. Cortés-Altamirano, J. P. Gallo-Reynoso, S. Licea-Duran & J. Égido-Villareal. 2005. Is *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* toxin the principal cause of sardines, dolphins, sea lions and pelicans mortality in 2004 in Mexico? Harmful Algae News 29: 6-8.

Skov, J., N. Lundholm, R. Pocklington, S. Rosendahl & Ø. Moestrup. 1997. Studies on the marine planktonic diatom *Pseudo-nitzschia* 1. Isozyme variation among isolates of *P. pseudodelicatissima* during a bloom in Danish coastal waters. Phycologia 36(5): 374-380.

Skov, J., N. Lundholm, Ø. Moestrup & J. Larsen. 1999. Potentially toxic phytoplankton 4. The diatom genus *Pseudo-nitzschia* (Diatomophyceae/Bacillariophyceae). In: Lindley, J. A. (ed.). International Council for the Exploration of the Sea. Identification Leaflets for Plankton. No. 185. Copenhagen. 23 pp.

Smith, J. C., K. Pauley, P. Cormier, R. Angus, P. Odense, D. O'Neil, M. A. Quilliam & J. Worms. 1991. Population dynamics and toxicity of various species of *Dinophysis* and *Nitzschia* from the southern Gulf of St. Lawrence. In: Gordon, D. C. Jr. (ed.). Proceedings of the Second Canadian Workshop on Harmful Marine Algae. Bedford Institute of Oceanography. Dartmouth, NS, 2-4 October, 1990. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1799. p. 25.

Takano, H. & K. Kuroki. 1977. Some diatoms in the section *Pseudo-nitzschia* found in coastal waters of Japan. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab. 91: 41-51.

Taylor, F. J. R. & R. E. Waters. 1982. Spring phytoplankton in the subarctic North Pacific Ocean. Mar. Biol. 67: 323-335.

Trainer, V. L., J. C. Wekell, R. A. Horner, C. L. Hatfield & J. E. Stein. 1998. Domoic acid production by *Pseudo-nitzschia pungens*. In: Reguera, B., J. Blanco, M. L. Fernández & T. Wyatt (eds.). Harmful algae. Xunta de Galicia and the Intergovernmental Oceanographic Comission of UNESCO. Paris. pp. 337-340.

Trainer, V. L., B. M. Hickey & S. S. Bates. 2008. Toxic diatoms. In: Walsh, P. J., S.L. Smith, L. E. Fleming, H. M. Solo-Gabriele & W. H. Gerwick (eds.). Oceans and human health: risks and remedies from the seas. Elsevier Science Publishers. New York. pp. 219-237.

Trainer, V. L., M. L. Wells, W. P. Cochlan, C. G. Trick, B. D. Bill, K. A. Baugh, B. F. Beall, J. Herndon & N. Lundholm. 2009. An ecological study of a massive bloom of toxigenic *Pseudo-nitzschia cuspidata* off the Washington State coast. Limnol. Oceanogr. 54: 1461-1474.

Vargas-Montero, M. & E. Freer. 2004. Proliferaciones algales de la diatomea toxigénica *Pseudo-nitzschia* (Bacillariophyceae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 52(1): 127-132.

Villac, M. C., D. L. Roelke, E. P. Chavez, L. A. Cifuentes & G. A. Fryxell. 1993. *Pseudo-nitzschia australis* Frenguelli and related species from the west coast of the U.S.A.: occurrence and domoic acid production. J. Shellfish Res. 12: 457-465.

Wolny, J. L. & C. A. Heil. 2005. *Pseudo-nitzschia* species in Florida coastal waters. Poster presentation at the 3rd Symposium on Harmful Algae in the U.S. October 2-7, 2005. Pacific Grove, California.

Wright, J. L. C., R. K. Boyd, A. S. W. de Freitas, M. Falk, R. A. Foxall, W. D. Jamieson, M. V. Laycock, A. W. McCulloch, A. G. McInnes, P. Odense, V. P. Pathak, M. A. Quilliam, M. A. Ragan, P. G. Sim, P. Thibault, J. A. Walter, M. Gilgan, D. J. A. Richard & D. Dewar. 1989. Identification of domoic acid, a neurotoxic amino acid, in toxic mussels from eastern Prince Edward Island. Can. J. Chem. 67: 481-490.

Recibido en mayo de 2011.

Aceptado en octubre de 2011.

Acta Botanica Mexicana 98: 73-98 (2012)

PLANTAS SILVESTRES ÚTILES Y PRIORITARIAS IDENTIFICADAS EN LA MIXTECA POBLANA, MÉXICO

Aniceto Martínez-Pérez[1], Pedro Antonio López[1,3], Abel Gil-Muñoz[1] y Jesús Axayácatl Cuevas-Sánchez[2]

[1]Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, km 125.5 carretera México-Puebla, Santiago Momoxpan, 72760 San Pedro Cholula, Puebla, México.
[2]Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Fitotecnia, km. 38.5 carretera México-Texcoco, 56230 Chapingo, México.
[3]Autor para la correspondencia: palopez@colpos.mx

RESUMEN

Uno de los factores de la producción sostenible de los bosques tropicales es la conservación de sus especies vegetales silvestres útiles, cuyo estado puede ser evaluado inicialmente a través del conocimiento tradicional local. El objetivo de este trabajo fue contribuir a la elaboración de un inventario de plantas útiles y, mediante valoración socioeconómica y ecológica, determinar prioridades de conservación en la Mixteca Poblana, México. Se realizaron 14 entrevistas y un taller participativo en dos comunidades del municipio de Chietla, Puebla, México. Se registraron los usos de las especies reconocidas, la importancia socioeconómica y el potencial ecológico de cada planta considerada relevante y se aplicó un análisis de factores principales. En ambas comunidades se reconocieron nueve categorías de uso, destacando las combustibles, las medicinales, las alimenticias y las de construcción. En Huajotitlán se reportaron 139 especies útiles, ubicando a palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*), pitaya (*Stenocereus stellatus*) y palma (*Brahea dulcis*) como adecuadas para planes de manejo y aprovechamiento; las especies prioritarias para reforestación fueron cuachalalate (*Amphipterygium adstringens*), cuatomate (*Solanum glaucescens*), nanche (*Byrsonima crassifolia*), quina (*Hintonia latiflora*) y rabo de iguana (*Havardia acatlensis*). En Buenavista se reportaron 126 especies útiles, de las cuales pitaya y palma fueron percibidas como importantes para su manejo y aprovechamiento; ciruela (*Spondias purpurea*), palo dulce y árnica (*Colubrina triflora*) fueron identificadas como apropiadas para reforestación. El análisis de factores principales confirmó la importancia de las especies en cada comunidad.

Palabras clave: análisis de factores principales, conocimiento tradicional local, conservación, México, plantas útiles, Puebla.

ABSTRACT

Achieving a sustainable production in tropical forests depends, among other factors, upon the conservation of their useful wild plant species. A key element for such conservation is traditional local knowledge, since it allows a preliminary evaluation of the current situation of those species. With the purpose of contributing to the elaboration of an inventory of useful plants and to define some management and conservation priorities in two communities from la Mixteca Poblana in Mexico, 14 interviews and a participatory workshop were carried out at two communities in the municipality of Chietla, Puebla, Mexico. Uses, socioeconomic importance, and ecological potential for recognized plant species identified as relevant by local people were recorded; a principal factor analysis was carried out. At both communities, nine use categories were recognized; four of them (fuel, medicinal, food, and construction) were the most valued. At Huajotitlán, 139 useful species were reported. Palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*), pitaya (*Stenocereus stellatus*), and palma (*Brahea dulcis*), were considered the most relevant for management proposals; cuachalalate (*Amphipterygium adstringens*), cuatomate (*Solanum glaucescens*), nanche (*Byrsonima crassifolia*), quina (*Hintonia latiflora*), and rabo de iguana (*Havardia acatlensis*) were priority species for reforestation. At Buenavista, 126 useful species were recognized; of these, only pitaya and palma were considered suitable for management and utilization strategies; ciruela (*Spondias purpurea*), palo dulce, and arnica (*Colubrina triflora*) were deemed convenient for reforestation purposes. The principal factor analysis ratified the importance of species at each community.

Key words: conservation, Mexico, principal factor analysis, Puebla, traditional local knowledge, useful plants.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas han sido fuente de bienes y servicios para las sociedades humanas, pero en los últimos años su estructura y funcionamiento han sido afectados (Anónimo, 2005a), originando lo que Dirzo (1990) y Toledo (1994) denominaron respectivamente crisis de la biodiversidad y crisis ecológica, abatiendo los niveles de

producción de los recursos a tal grado que la supervivencia de las futuras generaciones del hombre está en riesgo (Ehrlich y Ehrlich, 1992; Daily et al., 1999).

Los procesos de destrucción de la vegetación durante las últimas décadas redujeron las áreas boscosas en algunas de las regiones más biodiversas del mundo hasta 25% o menos de la cubierta original (Aldete et al., 2006). En México, la superficie deforestada llegó a estimarse hasta en 1,500,000 ha anuales (Toledo et al., 1989), aunque recientemente se informó que en los períodos 1990-2000 y 2000-2005 las pérdidas fueron de 631,000 y 260,000 ha al año, respectivamente (Anónimo, 2006).

Una de las primeras y principales acciones a realizar para la conservación consiste en elaborar un inventario y documentar apropiadamente la flora existente en las regiones de interés, a fin de obtener información básica que facilite la preparación de estrategias de conservación y de esta forma establecer mecanismos apropiados para su aprovechamiento racional (Alcorn, 1995; Anónimo, 2000a; Aldete et al., 2006). Para ello, debe tenerse en cuenta que en México gran parte de las especies silvestres útiles se encuentran en zonas de propiedad común, donde la gente local obtiene de forma tradicional diversos productos de su ambiente inmediato, que son útiles para su supervivencia; lo anterior obliga a poner atención a los factores socioeconómicos locales (Anónimo, 1996). Con esta finalidad ha sido ampliamente utilizada la etnobotánica, documentando los recursos vegetales de diversas regiones del mundo, e involucrando a la gente local que se beneficia de ellos. Así, es factible determinar, en forma rápida y eficiente, prioridades de conservación explorando el conocimiento local sobre el estado en que se encuentran las especies de mayor utilidad (Höft et al., 1999; Paule y Potvin, 2004).

Sánchez (1996) documentó la devastación de las poblaciones de copal (*Bursera* spp.) en comunidades de los valles de Oaxaca; Hellier et al. (1999) estimaron el grado de daño o extinción en poblaciones de especies vegetales y animales en una región montañosa de Chiapas, México; Hersh-Martínez (1995) y Hersh-Martínez y Fierro (2001) percibieron la declinación casi completa de las poblaciones naturales de cancerina (*Hemiangium excelsum*), quina amarilla (*Hintonia latiflora*) y quina roja (*Simira mexicana*) en el extremo suroccidental del estado de Puebla; Caballero y Cortés (2001) encontraron que la palma de guano (*Sabal mexicana* y *S. yapa*) casi ha desaparecido del medio natural de la zona maya de Yucatán. Con el propósito de estimular la participación de la gente local en actividades de manejo y conservación, tales esfuerzos tienen que ser orientados hacia los recursos vegetales más importantes para las economías locales (Ticktin et al., 2002). Para saber cuáles son estas plantas promisorias en las comunidades, Arias y Cárdenas

(2007) sugieren realizar una evaluación de las especies útiles considerando factores sociales, económicos y ecológicos, mediante métodos participativos. Por su parte Höft et al. (1999), Albuquerque et al. (2006), Rivera et al. (2007) y Albuquerque (2009) resaltan la importancia de los estudios cuantitativos en la etnobotánica. Höft et al. (1999) describen la aplicación de algunas técnicas de análisis multivariado como el análisis de conglomerados, de componentes y de factores principales. Respecto al método de análisis de factores principales, el objetivo del mismo es explicar los resultados de un número p de variables originales de una matriz de datos, empleando un menor número de variables, llamadas factores (Anónimo, 2004; Härdle y Simar, 2007).

Para México se tienen registradas 23,424 especies de plantas vasculares, agrupadas en 2804 géneros nativos, comprendidos en 304 familias (Villaseñor, 2004). Además de éstas, se reconocen en el país 618 especies introducidas y naturalizadas (Villaseñor y Espinosa-García, 2004). Esta gran diversidad vegetal se encuentra distribuida en 17 provincias florísticas, 11 de las cuales ocupan la mayor parte del país y están ubicadas en el reino neotropical en el que destaca, por su número importante de endemismos, la Cuenca del Río Balsas, que está ubicada entre el Eje Volcánico Transversal y la Sierra Madre del Sur (Rzedowski, 2006). La vegetación de esta Cuenca ha sufrido procesos tan acelerados de destrucción por actividades de aprovechamiento insostenible, incendios y cambios de uso del suelo principalmente, que en sólo 15 años (entre 1980 y 1996) la extensión forestal se redujo de 960,340 a 291,000 ha (Toledo, 2003).

El Alto Balsas, una de las tres subregiones de esta Cuenca, abarca la Sierra Mixteca Poblana donde se localiza el territorio municipal de Chietla (García-Vázquez et al., 2006) y ha constituido para las comunidades locales una fuente importante de productos vegetales, pero su intensa y desordenada extracción ha ocasionado la pronta disminución de los recursos forestales (Guízar y Sánchez, 1991). Sin embargo, no hay estudios que indiquen cuáles son las especies silvestres útiles e importantes, ni su estado de conservación, que pudieran ser base para el diseño y aplicación de estrategias de conservación. Por ello, es imprescindible documentar en esta zona las plantas actualmente sujetas a aprovechamiento, e indicar cuáles de ellas son las más apreciadas por la población local, a fin de que sean atendidas mediante programas específicos para fortalecer la estabilidad forestal desde la perspectiva local; pues, de acuerdo con Tyler (2006), resguardar y restaurar ecosistemas desde el manejo local beneficia tanto a los usuarios cercanos como a los pueblos de otras regiones, incluso países. En tal contexto, el objetivo de este estudio fue contribuir a la elaboración de un inventario de plantas útiles -primordialmente silvestres- de las áreas cerriles del

municipio de Chietla, Puebla, y evaluar algunos aspectos socioeconómicos y ecológicos asociados a la importancia atribuida a éstas por parte de habitantes de las comunidades involucradas en el presente estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El trabajo se realizó en las comunidades de San Lucas Huajotitlán (Huajotitlán) y Buenavista de Juárez (Buenavista), ambas pertenecientes al municipio de Chietla, Puebla (Fig. 1) y localizadas dentro de la región denominada por Fernández et al. (1998) como subprovincia fisiográfica "Sur de Puebla", la cual conforma uno de los sectores limítrofes de la Cuenca del Río Balsas. Las porciones cerriles que les proveen recursos vegetales silvestres son adyacentes y poseen el tipo de vegetación

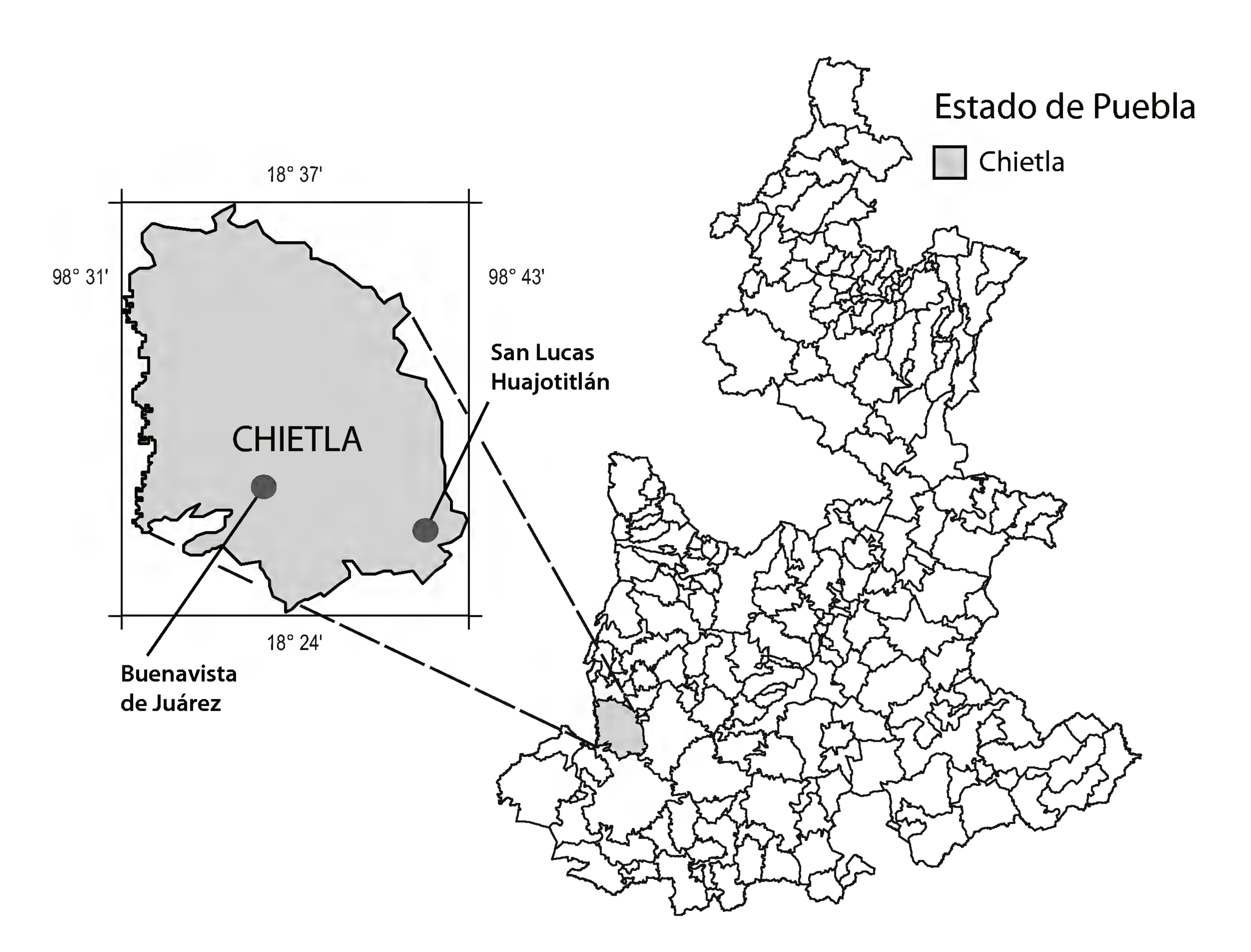


Fig. 1. Ubicación de las comunidades en las cuales se efectuó el estudio.

reportado como selva baja caducifolia (Miranda y Hernández X., 1963) y descrito por Rzedowski (2006) como bosque tropical caducifolio.

La selva baja caducifolia, de acuerdo con Miranda y Hernández X. (1963) se caracteriza por estar conformada por árboles hasta de 15 m de altura, que pierden las hojas en época seca y por lo general no son espinosos; se relaciona con climas semisecos o subsecos y cálidos, con temperatura media anual superior a 20 °C, precipitación anual media entre 500 y 1200 mm y estación seca larga y marcada. En el centro de México este tipo de vegetación se encuentra en declives de la cuenca del Balsas y de la cuenca alta del Papaloapan, donde se pueden encontrar especies como los cuajiotes (*Bursera* spp.), el copaljocote o chupandía (*Cyrtocarpa procera*), el brasil (*Haematoxylon brasiletto*), los cazahuates (*lpomoea* spp.). Las tierras propias de esta clase de selva, cuando son medianamente profundas, son usadas para cultivos trashumantes de maíz y ajonjolí de temporal; la ganadería se aprovecha del ramoneo y de los pastizales inducidos de *Cathestecum* y *Opizia*. En el área de estudio abundan los suelos de tipo litosol, caracterizados por ser de poca profundidad, sin horizontes desarrollados, escasa retención de humedad, muy pedregosos y de moderada fertilidad (Anónimo, 2000b).

En las partes más altas del municipio de Chietla, donde se localiza la comunidad de Huajotitlán, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Anónimo, 2000b) reporta el tipo de clima (A)Cw_0w, que según García (1973) es el menos húmedo dentro de los semicálidos subhúmedos, con lluvias en verano, una época seca larga en el invierno y una corta en el verano. La precipitación y temperatura promedio anuales van de 800 a 1000 mm y de 18 a 22 °C respectivamente, y la temperatura media del mes más frío es superior a los 18 °C. El tipo de clima presente en la mayor parte del territorio del municipio de Chietla, incluyendo a la comunidad de Buenavista, corresponde al Aw''$_0$ (w)(i')g, el más seco de los cálido subhúmedos, con lluvias en verano, una época seca larga en el invierno y una corta en el verano. Los registros de precipitación y temperatura indican un promedio anual de 806.7 mm y 24.3 °C respectivamente, y la temperatura media del mes más frío es de 20.8 °C (García, 1973).

La comunidad de Huajotitlán está situada en una zona cerril, entre las coordenadas 98°32'27" LO y 18°26'08" LN, a una elevación de 1350 m s.n.m. La población sólo cuenta con 43 habitantes, de los cuales 22 son mayores de 18 años (Anónimo, 2005a). Información proporcionada por Domingo Arrieta (inspector municipal) indica que el poblado carece de todos los servicios básicos y está asentado en terrenos de uso comunal pertenecientes al ejido de Viborillas de Hidalgo. Cada familia dispone de dos a tres hectáreas para el cultivo de maíz, frijol y cacahuate durante la temporada de lluvias, por lo que la agricultura es una de sus principales actividades

económicas, junto con la elaboración y venta de carbón, así como la colecta y venta de leña, de plantas y frutos comestibles y medicinales.

Buenavista está ubicada en la planicie del municipio de Chietla entre las coordenadas 98°38'11" LO y 18°27'38" LN, a una elevación de 1060 m, su población total es de 1280 habitantes, de los cuales 662 son mayores de edad (Anónimo, 2005a). Según Claudio Romero (presidente del comisariado ejidal), el ejido de Buenavista cuenta con 1297.5 ha, repartidas en 876.36 ha de área cerril comunal, 359.25 ha de uso agrícola (distribuidas entre 84 ejidatarios, con una dotación promedio de 0.77 ha de riego y tres hectáreas de temporal cada uno), y 61.89 ha de asentamiento humano; la población cuenta con todos los servicios básicos, sus principales actividades económicas son: i) la agricultura, en la que sorgo, cebolla y caña de azúcar son los cultivos más importantes, por la superficie sembrada y cuya cosecha es destinada a la venta, mientras que la producción de maíz y cacahuate es dedicada al consumo familiar; ii) la ganadería y iii) el comercio en pequeña escala, así como la colecta de productos vegetales para diversos usos.

Recopilación de la información

La información etnobotánica que se describe más adelante fue recopilada en el período de junio de 2007 a noviembre de 2008. Para colectarla se siguieron las recomendaciones de Martin (1995), Casana-Martínez et al. (1996), Blanco et al. (2000) y Hoffman y Gallaher (2007), en cuanto a que en las dos comunidades se solicitó la colaboración de las personas más destacadas en el conocimiento y uso de la vegetación que crece en las zonas cerriles, logrando conformar así un grupo de siete informantes clave. Éstos fueron seleccionados considerando su disposición a colaborar, detectada durante una entrevista a las personas que sugirieron las autoridades locales. Las técnicas a las cuales se recurrió para obtener la información fueron la aplicación de entrevistas (Martin, 1995; Blanco-Castro, 1996; Casana-Martínez et al. 1996; Hoffman y Gallaher, 2007), recorridos de campo y talleres participativos (Martin, 1995; Arias y Cárdenas, 2007; Hoffman y Gallaher, 2007).

A cada uno de los informantes clave se le aplicó una entrevista semi-estructurada, en la que se solicitaron principalmente sus datos personales (nombre, edad, escolaridad y actividades principales); y los relativos a todas las plantas no cultivadas (nombre local de la planta, forma biológica -árbol, arbusto, hierba, trepadora-, lugar de obtención, época de obtención, partes usadas y todos los tipos de uso) que utilizaba para cualquier finalidad.

Adicionalmente, en compañía de algunos informantes clave, se realizaron siete recorridos de campo por las zonas de recolección más frecuentadas por ellos

(áreas de acción cotidiana); durante los mismos, y de acuerdo con lo sugerido por Hernández-Xolocotzi (1970), Martin (1995), Alexiades (1996) y Hoffman y Gallaher (2007), se colectaron ejemplares de las diferentes especies útiles localizadas. Éstos fueron herborizados y se enviaron al herbario de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla para su identificación. Un duplicado de 50 especímenes fue enviado al herbario XOLO de la Universidad Autónoma Chapingo para su cotejo taxonómico. Algunas de las especies reconocidas fueron identificadas con base en información consultada en la literatura y otras con ejemplares de herbario.

Análisis de la información

Definición de categorías de uso. A partir de la información obtenida durante las entrevistas semi-estructuradas, se procedió a agrupar a las especies en categorías de uso, de acuerdo con lo señalado por los entrevistados en: a) combustibles: especies arbóreas o arbustivas cuyos tallos y ramas son utilizadas como leña o para elaborar carbón; b) medicinales: las utilizadas en el tratamiento o prevención de enfermedades; c) alimenticias: las usadas como comestibles; d) forrajeras: las que son alimento para animales domésticos; e) construcción: las explotadas en la edificación de viviendas, cobertizos o cercas, como horcones, vigas, postes, techos, amarres, etc.; f) aparejos: las que sirven para elaborar partes de monturas e implementos agrícolas como timones, yugos, clavijas, manceras, etc.; g) ceremoniales: las aprovechadas para adornar espacios donde se llevan a cabo ceremonias religiosas; h) ornamentales: las empleadas para embellecer espacios urbanos (patios, jardines, plazas, parques, etc.); y i) otras: que incluyen a las que no fueron ubicadas en alguna de las categorías anteriores.

Valoración y selección de especies. Con el fin de llegar a un consenso respecto a cuáles eran las categorías de uso que representaban mayor relevancia para las comunidades, así como las especies de mayor aprecio dentro de éstas, tanto por su valor de uso como por el de cambio, a cada uno de los informantes se le presentó una relación con los nombres de las categorías y plantas registradas en la etapa anterior. Este listado se acompañó de un formato para anotar y valorar a las especies seleccionadas de acuerdo con Peters (1996), incluyó variables de carácter social, económico y ecológico (Cuadro 1). La valoración se efectuó mediante una escala de calificación gráfica, técnica ampliamente aplicada en estudios de psicología y en paneles de evaluación sensorial (Lawless y Heymann, 1998), que consiste en solicitar al evaluador que marque sobre una línea horizontal de longitud conocida dibujada en la hoja de respuestas, la importancia relativa de un producto o atributo; en nuestro caso, a cada especie por categoría se le asoció una línea recta de 10 cm de longitud (que representaba una escala de calificación para la especie de 0 a 100 puntos en cada variable), a

Cuadro 1. Variables usadas para evaluar en forma relativa la importancia socioeconómica y factores ecológicos de las especies seleccionadas en San Lucas Huajotitlán y en Buenavista de Juárez, Chietla, Puebla, durante el período julio-diciembre de 2008.

Variables sociales	Variables económicas	Variables ecológicas
1. Reconocido uso o consumo tradicional en la región	4. Posibilidad de colecta durante un jornal	9. Abundancia de la especie
2. Interés en el manejo de la especie	5. Dificultad para transportar la colecta del día	10. Rapidez de crecimiento de la planta
3. Aptitud para otros usos	6. Precio relativo de venta	11. Existencia de plantas jóvenes y adultas
	7. Capacidad del mercado para absorber la oferta	12. Capacidad de recuperación de la planta después de su aprovechamiento
	8. Extracción por temporada productiva	13. Capacidad de la planta para desarrollar estructuras reproductivas

fin de que el informante, después de hacer una comparación mental con las demás entidades de su categoría, calificara la especie en cuestión, colocando para ello una marca sobre la línea en el sitio que consideraba le correspondía.

Las calificaciones asignadas por cada informante para cada planta y variable, se calcularon midiendo en milímetros la longitud del segmento de recta desde 0 hasta la marca hecha por el evaluador. Posteriormente, para cada comunidad, a partir de las calificaciones individuales de cada especie y variable, se calcularon los promedios respectivos. Las plantas que obtuvieron los promedios más altos para una variable determinada fueron consideradas como sobresalientes para dicha característica. Dependiendo del número de variables (sociales, económicas o ecológicas) para la cual resultó sobresaliente una planta dada, se procedió a priorizarlas como se explica a continuación: especies de importancia socioeconómica mayor fueron aquellas que sobresalieron en 2-3 variables sociales y en 3-5 económicas; las de mediana importancia, las que sobresalieron en 1 variable social y en 1-2 económicas; las de relevancia menor, las que no sobresalieron en variable alguna. Especies de mayor abundancia o con mayores posibilidades de incrementar sus poblaciones, las que sobresalieron en 3-5 variables ecológicas; especies de abundancia regular, las que sobresalieron en 1-2 variables ecológicas, y especies escasas o amenazadas, las que no fueron sobresalientes en alguna.

Análisis estadístico. Dado que las variables involucradas fueron numerosas e independientes, con el fin de reducir la dimensionalidad de los datos obtenidos

de la valoración y facilitar su interpretación, los promedios de estas calificaciones fueron sometidos a un análisis de factores principales exploratorio (Pérez-Gil et al., 2000), dado que no se conocía a priori el número de factores que podrían explicar las interrelaciones entre las variables originales (Sharma, 1996; Höft et al., 1999; Härdle y Simar, 2007), utilizando el programa estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 15.0.1 (Anónimo, 1989). Brevemente, el proceso de análisis estadístico consistió en la elaboración de una matriz de datos con las especies de plantas registradas como de mayor aprecio por los habitantes de las dos comunidades en 53 hileras y las calificaciones asignadas para cada variable en 13 columnas. Los factores principales se extrajeron mediante el método de componentes principales, aplicado a la matriz de correlaciones, seleccionando a los factores con valores propios mayores a la unidad; inicialmente se realizó el análisis factorial sin rotación y posteriormente se aplicó el método de rotación varimax, para maximizar la varianza (Härdle y Simar, 2007); como pruebas de bondad de ajuste del modelo se aplicaron la de Kaiser-Meyer-Olkin y la prueba de Bartlett (Härdle y Simar, 2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Riqueza etnoflorística

El total de especies vegetales silvestres señaladas como útiles en ambas comunidades fue de 180, las cuales representan 4.12% de la diversidad vegetal reportada para la Cuenca del Río Balsas, que según Fernández et al. (1998) es de 4,442 entidades. Esta riqueza de plantas útiles en términos absolutos, resulta ser ligeramente mayor a la comunicada por Paredes-Flores et al. (2007) en su estudio sobre la vegetación natural del municipio de Zapotitlán Salinas (localizado en el Valle de Tehuacán, Puebla), que asciende a 164 especies. No obstante, en términos relativos, el porcentaje calculado para el presente trabajo es menor al de Zapotitlán, pues en el Valle de Tehuacán, Puebla, que es una zona árida, existen alrededor de 2,800 especies de plantas (Dávila et al., 2002), por lo que el porcentaje de especies útiles correspondiente a Zapotitlán Salinas es de 5.85%; 47.8% de ellas fueron comunes a las dos comunidades bajo estudio, mientras que 30.0% fueron exclusivas de Huajotitlán y 22.2% de Buenavista.

En Huajotitlán se reportaron 139 especies en total, de las cuales 106 estuvieron relacionadas con un uso exclusivo y 36 con varios empleos. Al analizar el número de plantas registradas por categoría de utilidad en esta localidad, se observa que las más abundantes fueron las combustibles, las medicinales y las alimenticias.

Con menor frecuencia se ubicaron las forrajeras, las utilizadas para construcción y para aparejos. Las menos repetidas resultaron ser las de uso ceremonial, ornamental o con otra aplicación (Cuadro 2). En Buenavista se registraron 126 especies en total, de las cuales 89 fueron reportadas por tener solamente un uso y 38 con más de uno. En esta localidad, la categoría más numerosa fue la de medicinales, seguida por las combustibles, las de construcción y las alimenticias. Con menos frecuencia aparecieron las forrajeras, las empleadas para aparejos, las ceremoniales, ornamentales y las destinadas para otros usos (Cuadro 2).

Estos resultados muestran que la vegetación silvestre provee a estas comunidades principalmente con productos básicos, además, resultó notorio que las categorías con mayor especificidad de uso fueron las medicinales, las alimenticias, las ceremoniales y las ornamentales, pues más de 60% de las plantas ubicadas en esas categorías fueron empleadas con un solo propósito. En contraste, las plantas combustibles, forrajeras, para construcción y para aparejos resultaron ser multifun-

Cuadro 2. Categorías de uso y número de especies vegetales silvestres útiles en dos comunidades del municipio de Chietla, Puebla.

Categorías de uso	San Lucas Huajotitlán			Buenavista de Juárez		
	A	B	C	A	B	C
Combustibles	63	30	33	30	3	27
Medicinales	45	38	7	55	42	13
Alimenticias	28	20	8	23	17	6
Forrajeras	18	3	15	16	8	8
Construcción	15	4	11	30	10	20
Aparejos	14	6	8	13	2	11
Ceremoniales	4	3	1	5	3	2
Ornamentales	1	1	0	2	2	0
Otras	4	1	3	4	2	2
Total	192	106	36	178	89	38

A: Número de especies registradas en cada categoría.
B: Número de especies con sólo el tipo de uso indicado.
C: Número de especies de la categoría indicada, con otros tipos de usos.
Nota: El total indicado en la columna C no es la suma de las cantidades parciales debido a que las especies consideradas presentaron más de un uso, motivo por el cual tuvieron que contabilizarse varias veces (una por cada categoría de uso en la que hubo de ubicarse).

cionales en cuanto a que tuvieron cuando menos un uso más, aparte del principal. Hoffman y Gallaher (2007) resaltan que la medición de la importancia de las plantas y la vegetación para la gente local es un enfoque central en la etnobotánica cuantitativa. En otros estudios se ha demostrado el amplio conocimiento que la gente local conserva en relación con las plantas que la rodean (Casas y Caballero, 1996; Albuquerque et al., 2006).

Valoración de especies

Los informantes de ambas comunidades opinaron que la población necesita, utiliza (y en determinadas épocas del año, comercializa) en mayor medida, plantas alimenticias, medicinales y de construcción; en Huajotitlán se agregaron las combustibles. Por tanto, se decidió seleccionar para su valoración las especies que fueron más apreciadas dentro de cada una de estas categorías de uso, y para las cuales los pobladores estimaron conveniente involucrarse en determinadas acciones de manejo.

El Cuadro 3 muestra las especies que los informantes de Huajotitlán decidieron valorar, por ser las de mayor aprovechamiento dentro de las categorías de uso señaladas en el párrafo anterior. Para cada categoría se indica el número de variables sociales, económicas y ecológicas en las cuales resultó sobresaliente una especie. Cabe mencionar que los entrevistados decidieron no incluir las combustibles, debido a que expresaron que de ellas se disponía de una gran variedad y abundancia, por lo que manifestaron no tener interés en involucrarse en eventuales tareas de manejo de las mismas.

Las plantas que resultaron ser de mayor importancia socioeconómica para los habitantes de Huajotitlán fueron cuachalalate (*Amphipterygium adstringens*), palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*) -en dos categorías de uso-, pitaya (*Stenocereus stellatus*), cuatomate (*Solanum glaucescens*) y palma (*Brahea dulcis*); de éstas, las más abundantes o con mayor capacidad para incrementar sus poblaciones -en la percepción de los agricultores- fueron palo dulce, pitaya y palma, en tanto que cuachalalate fue de abundancia regular y cuatomate resultó ser la más escasa o amenazada. Las especies que reflejaron mediana importancia socioeconómica fueron, zacatechichi (*Calea zacatechichi*), ciruela (*Spondias purpurea*), aclina (no identificada), flor de muerto (*Galphimia glauca*), brasil (*Haematoxylum brasiletto*), cuatillo, quina (*Hintonia latiflora*), nanche (*Byrsonima crassifolia*) y rabo de iguana (*Havardia acatlensis*); de éstas, las tres primeras se calificaron como de mayor abundancia, las tres siguientes fueron de regular profusión, mientras que las últimas tres resultaron ser las más escasas o con mayores problemas para multiplicarse de manera natural.

Cuadro 3. Especies más importantes que fueron evaluadas en San Lucas Huajotitlán y número de variables en las que fueron sobresalientes.

Especies por categoría de uso	Número de variables		
	Sociales	Económicas	Ecológicas
Medicinales			
Cuachalalate (*Amphipterygium adstringens* Schiede ex Schlecht.)	2	4	2
Palo dulce (*Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg.)	2	3	3
Quina (*Hintonia latiflora* (Sessé & Moc. ex DC.) Bullock)	1	1	0
Zacatechichi (*Calea zacatechichi* Schltdl.)	1	1	5
Flor de muerto (*Galphimia glauca* Cav.)	1	1	1
Palo de tres costillas (*Serjania triquetra* Radlk.)	0	0	1
Margarita ( )	0	0	2
Brasil (*Haematoxylum brasiletto* H. Karst.)	2	2	1
Alimenticias			
Ciruela (*Spondias purpurea* L.)	2	2	4
Pitaya (*Stenocereus stellatus* (Pfeiff.) Riccob.)	3	4	4
Cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.)	2	4	0
Nanche (*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth)	1	2	0
Guaje (*Leucaena* spp.)	1	0	2
Fraile (*Porophyllum* spp.)	0	0	5
Construcción			
Palma (*Brahea dulcis* (Kunth) Mart.)	2	4	5
Aclina ( )	1	2	5
Cuatillo ( )	1	1	1
Palo dulce (*Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg.)	2	3	4
Rabo de iguana (*Havardia acatlensis* (Benth.) Britton & Rose)	3	2	0

( ) Especie no identificada.

En cuanto a las calificadas como de mínima importancia socioeconómica se tuvieron a palo de tres costillas (*Serjania triquetra*), margarita (no identificada), guaje (*Leucaena* spp.) y fraile (*Porophyllum* spp.), todas con regular a mayor abundancia. Estos resultados muestran que el grupo de plantas con el mayor nivel de valor socioeconómico para los pobladores de Huajotitlán está integrado por cinco especies; encontrándose entre ellas, las que tienen más posibilidades de conservación y recuperación en la percepción de los agricultores, así como algunas que se consideran con mayor necesidad de reforestación. Quina, nanche y rabo de iguana reportaron un menor nivel de importancia socioeconómica, aunque conviene señalar que sus poblaciones fueron de las más escasas, por lo que no se observó una correlación definida entre el nivel de importancia y la abundancia para las plantas registradas.

Los resultados obtenidos en la comunidad de Huajotitlán pueden ser atribuibles a sus mayores restricciones en cuanto a servicios, pues ello obliga a sus habitantes a hacer un aprovechamiento más intensivo de los recursos disponibles en su medio, lo que implica necesariamente el recurrir a un mayor número de especies vegetales. Por otra parte, la ubicación geográfica de esta población (enclavada en una zona cerril) permite a los que ahí habitan una relación muy estrecha con la vegetación circundante, sobre la cual concentran en gran medida sus actividades cotidianas para extraer con relativa frecuencia, materiales vegetales básicos, tanto para autoconsumo como para comercialización, principalmente combustibles, alimenticios y medicinales de alta demanda en la región. Otros autores han demostrado que es con base en el manejo e interacción cotidianos de la gente local con las especies útiles como se prioriza el estado de conservación de las mismas (Pardo y Gómez, 2003; Paule y Potvin, 2004; Paredes-Flores et al., 2007).

El Cuadro 4 conserva la misma estructura del Cuadro 3, pero corresponde a la localidad de Buenavista. En este caso, las especies de mayor importancia socioeconómica fueron pitaya, ciruela, palo dulce (en la categoría de construcción) y palma, entre las cuales pitaya y palma destacaron en las variables ecológicas, indicando así que fueron las más abundantes o las que tienen mejor capacidad para incrementar el tamaño de sus poblaciones (en la percepción de los agricultores). En cambio, ciruela y palo dulce fueron calificadas como plantas de mediana o regular abundancia. Las especies percibidas como de mediana importancia socioeconómica fueron árnica (*Colubrina triflora*), cuachalalate, palo dulce (en la categoría de medicinales), flor de muerto, nanche, guamúchil (*Pithecellobium dulce*), cuatomate (*Solanum glaucescens*), tlahuitole (*Lysiloma microphyllum*), petlaltía colorada (*Comociadia mollisima*) y tecolhuixtle (*Mimosa benthamii*). De éstas, se consideraron de mayor abundancia al cuachalalate, nanche, guamúchil y petlaltía colorada; con poblaciones de mediana

Cuadro 4. Especies más importantes que fueron evaluadas en Buenavista de Juárez y número de variables en las que fueron sobresalientes.

Especies por categoría de uso	Número de variables		
	Sociales	Económicas	Ecológicas
Medicinales			
Árnica (*Colubrina triflora* Brongn. ex Sweet)	1	2	0
Cuachalalate (*Amphipterygium adstringens* Schiede ex Schlecht.)	2	2	3
Cuatecomate (*Crescentia alata* Kunth)	2	0	1
Tlapanche de venado (*Porophyllum* sp.)	0	1	2
Damiana (*Turnera diffusa* Willd. ex Schult.)	0	1	1
Palo dulce (*Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg.)	1	1	0
Paraca (*Senna skinneri* (Benth.) H.S. Irwin & Barneby)	1	0	1
Quina (*Hintonia latiflora* (Sessé & Moc. ex DC.) Bullock)	1	0	1
Zacatechichi (*Calea zacatechichi* Schltdl.)	0	0	5
Flor de muerto (*Galphimia glauca* Cav.)	1	2	2
Alimenticias			
Pitaya (*Stenocereus stellatus* (Pfeiff.) Riccob.)	2	4	4
Ciruela (*Spondias purpurea* L.)	2	3	1
Fraile (*Porophyllum* sp.)	0	0	1
Nanche (*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth)	1	1	3
Guamúchil (*Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth.)	2	2	4
Cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.)	1	2	2
Huajocote ( )	1	0	0
Construcción			
Tlahuitole (*Lysiloma microphyllum* Benth.)	2	2	2
Tepeguaje (*Lysiloma acapulcense* (Kunth) Benth.)	0	0	4
Petlaltia colorada (*Comocladia mollissima* Kunth)	3	2	3
Tecolhuixtle (*Mimosa benthamii* J.F. Macbr.)	1	2	1
Palo dulce (*Eysenhardtia polistachya* (Ortega) Sarg.)	3	3	1
Mora ( )	0	0	2
Palma (*Brahea dulcis* (Kunth) Mart.)	2	3	4

( ) Especie no identificada.

profusión, flor de muerto, cuatomate, tlahuitole y tecolhuixtle; árnica y palo dulce fueron percibidas como escasas o amenazadas. Las especies que se consideraron como de mínima importancia socioeconómica fueron zacatechichi, tepeguaje (*Lysiloma acapulcense*), cuatecomate (*Crescentia alata*), tlapanche de venado (*Porophyllum* spp.), damiana (*Turnera diffusa*), paraca (*Senna skinneri*), quina, fraile, mora (no identificada) y cuajiote (no identificada); de ellas, las dos primeras fueron las de mayor abundancia, la última resultó ser la más escasa y las restantes se valoraron como poblaciones de mediana profusión.

En Buenavista únicamente pitaya y palma son percibidas por los agricultores como de mayor importancia social y económica y presentan las mejores condiciones ecológicas para incrementar sus poblaciones mediante manejo. En esta comunidad los materiales para la construcción de origen vegetal son empleados mayormente para la construcción de cobertizos para animales domésticos; dado que la durabilidad y resistencia no son aspectos del todo críticos para este tipo de instalaciones, se recurre al empleo de cualquier planta que pueda adaptarse para tales fines, lo cual amplía el abanico de especies vegetales útiles. En contraste, en Huajotitlán, las destinadas a la construcción se ocupan para la edificación de viviendas, por lo que sólo aquellas que aseguren larga duración y alta calidad pueden ser empleadas para dicho propósito. Ello ocasiona que la gama de especies a las que se puede recurrir en Huajotitlán para este uso sea menor. El hecho de que en Huajotitlán se haya reportado mayor cantidad de plantas combustibles que en Buenavista puede explicarse por la inexistencia de red eléctrica y de servicio de repartición de gas LP en la primera población. Ello hace que los habitantes tengan que recurrir a fuentes de combustible alternativas, lo que implica la necesidad de explorar un mayor número de especies y de emplear una mayor cantidad de éstas con fines de generación de energía. Además, como ya se mencionó en párrafos anteriores, los habitantes de esta comunidad comercializan combustible en forma de leña o carbón. Estos resultados confirman lo establecido por Cuevas (1988); Hernández et al. (1991) y por Luna et al. (2003) entre otros, en el sentido de que los factores socioeconómicos son determinantes en el aprovechamiento de la vegetación.

Las categorías identificadas por los pobladores de las dos comunidades de estudio, así como las especies por ellos reconocidas muestran que la diversidad vegetal silvestre de las poblaciones estudiadas es, primordialmente, fuente de productos combustibles, medicinales, alimenticios y de construcción para los pobladores. Estos resultados fortalecen lo estipulado por Cuevas (1988) y González y López (1991), quienes mencionan a las especies combustibles, las medicinales y las alimenticias, junto con las forrajeras, como prioritarias en la investigación etnobotánica en

México. Asimismo, coinciden con lo declarado por Hernández et al. (1991) para las plantas útiles de Tamaulipas y por Luna et al. (2003) para el caso de los encinos, en el sentido de que no es la diversidad, sino los factores socioeconómicos y culturales los que determinan la prioridad en el uso de las plantas.

La razón del mayor grado de aprecio de las plantas medicinales, alimenticias y para construcción en ambas comunidades puede deberse a que estos tipos de vegetales constituyen una fuente natural de productos de primera necesidad. Ello genera a su vez una demanda tal que es capaz de consumir cualquier cantidad de estos recursos como sea posible recolectar en esa región. Esta condición seguramente contribuyó en gran medida para que los agricultores manifestaran interés por participar en programas de manejo de tales especies, con la esperanza de lograr mayores beneficios.

Según Ticktin et al. (2002), la mayor importancia socioeconómica atribuida localmente a una planta es una condición deseable para impulsar programas de aprovechamiento y conservación en las comunidades; por lo anterior, podemos señalar que en ambas poblaciones donde se desarrolló el estudio es posible establecer prioridades para las estrategias de conservación y aprovechamiento sostenido de la vegetación local, con base en el conocimiento e importancia que la gente local otorga a las especies, de acuerdo con la satisfacción que de ellas reciben hacia sus necesidades más inmediatas, tal como lo han establecido Cuevas (1988), Hernández et al. (1991), Höft et al. (1999), Luna et al. (2003) y Rivera et al. (2007).

Análisis factorial

El análisis factorial generó la lista de valores propios indicados en el Cuadro 5. A fin de obtener factores y una solución más fáciles de explicar, se procedió a ejecutar una rotación. Los resultados de la misma también se reproducen en el Cuadro 5. Se observa que al extraer los tres factores con valores propios mayores que 1 el porcentaje de varianza explicada de los datos originales fue de 70.9%, lo cual se consideró adecuado, desde el punto de vista de aplicación de la técnica.

El Cuadro 6 muestra las correlaciones entre las variables originales o "saturaciones", y los tres factores seleccionados del Cuadro 5. Analizando las saturaciones relativas de cada variable para cada factor se puede apreciar que el primero (F1) se saturó por las siguientes variables: interés en el manejo de la especie, posibilidad de colecta durante un jornal, dificultad para transportar la colecta de un jornal, extracción por temporada productiva, abundancia de la especie, existencia de plantas jóvenes y adultas, capacidad de la planta para producir estructuras reproductivas y capacidad de recuperación de la planta después de su aprovechamiento. El segundo

Cuadro 5. Valores propios de los factores y cantidad de varianza explicada por cada uno de ellos.

Factor	Autovalores iniciales			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	5.657	43.519	43.519	5.182	39.862	39.862
2	1.962	15.092	58.610	2.165	16.652	56.514
3	1.598	12.294	70.905	1.871	14.391	70.905
4	.854	6.572	77.477			
5	.768	5.911	83.388			
6	.673	5.179	88.567			
7	.389	2.993	91.560			
8	.318	2.449	94.009			
9	.248	1.907	95.916			
10	.202	1.554	97.470			
11	.161	1.239	98.710			
12	.112	.864	99.574			
13	.055	.426	100.000			

(F2) quedó determinado por las variables reconocido uso o consumo tradicional en la región, precio relativo de venta, y capacidad del mercado para absorber la oferta actual. Por último, en el tercero (F3) intervienen las variables rapidez de crecimiento y aptitud para otros usos. De este modo, F1 reflejó lo que se denominó "aptitud para el manejo de la especie", F2 quedó integrado por lo que se designó "potencial de comercialización de la especie" y F3 por "versatilidad-precocidad de la especie".

El Cuadro 7 muestra los coeficientes obtenidos por cada especie sobresaliente para cada uno de los tres factores ya descritos. En Huajotitlán las plantas que tuvieron los mejores resultados dentro de cada categoría de uso en el factor "aptitud para el manejo" fueron zacatechichi, palo dulce, pitaya, ciruela, fraile, palma, aclina y solerillo. De éstas, pitaya, palma y palo dulce (en la categoría de construcción) resultaron tener el mejor "potencial de comercialización"; pero sólo palo dulce (en la categoría de medicinales) fue relevante en "versatilidad-precocidad". Otras especies que sobresalieron por su alto "potencial de comercialización" y por tener cierta "aptitud para el manejo" fueron cuachalalate, flor de muerto, cuatomate y nanche, aunque

Cuadro 6. Matriz de estructura factorial (componentes rotados)[a].

Variables	Factores		
	F1	F2	F3
Reconocido uso o consumo tradicional en la región	.516	.689	.043
Interés en el manejo de la especie	.595	.589	.277
Posibilidad de colecta durante un jornal	.853	.177	.224
Dificultad para transportar la colecta de un jornal	.664	.043	.565
Precio relativo de venta	-.025	.710	.088
Capacidad del mercado para absorber la oferta actual	-.125	.772	-.275
Extracción por temporada productiva	.749	.179	.422
Rapidez de crecimiento de la planta	.305	-.027	-.841
Abundancia de la especie	.896	-.143	-.106
Existencia de plantas jóvenes y adultas	.871	-.191	-.039
Capacidad de la planta para producir estructuras reproductivas	.843	.166	.139
Capacidad de recuperación de la planta después de su aprovechamiento	.586	.289	-.162
Aptitud para otros usos	.328	-.100	.629

[a]: La rotación ha convergido en 5 iteraciones.

presentaron valores bajos para "versatilidad-precocidad". En este último factor destacaron, además de palo dulce, cuachalalate, brasil, quina y paraca. Los resultados anteriores indican que en Huajotitlán, las especies más susceptibles de ser manejadas con fines comerciales, aprovechando racionalmente su abundancia, son: pitaya, palma y palo dulce; mientras que las más indicadas para implementar programas de reforestación son cuachalalate, flor de muerto, cuatomate y nanche.

En Buenavista, sobresalieron por su alta "aptitud para el manejo" guamúchil, pitaya y palma, pero en su "potencial de comercialización" sólo la pitaya fue relevante y no hubo especie sobresaliente en "versatilidad-precocidad". Por otra parte, cuachalalate, flor de muerto, árnica, cuatecomate, ciruela, nanche y cuatomate, mostraron mayor "potencial de comercialización"; pero ninguna figuró en "aptitud para el manejo"; respecto a la "versatilidad-precocidad", sólo destacaron cuachalalate y cuatecomate. Otras especies con altos valores para este último factor fueron palo dulce, tlahuitole y tecolhuixtle. Para Buenavista, todas las especies con alto "poten-

Cuadro 7. Coeficientes de tres factores obtenidos mediante análisis factorial para las especies evaluadas en las comunidades de estudio.

San Lucas Huajotitlán				Buenavista de Juárez			
Especies por categoría de uso	F1	F2	F3	Especies por categoría de uso	F1	F2	F3
Medicinales				Medicinales			
Zacatechichi	1.64	-0.25	-2.16	Cuachalalate	-0.04	1.34	0.39
Palo dulce	0.95	-0.65	1.60	Zacatechichi	-0.04	-1.15	-2.08
Cuachalalate	0.46	1.31	1.19	Damiana	-0.49	-0.60	-1.13
Brasil	0.13	-0.60	1.55	Quina	-0.57	0.04	-0.06
Quina	0.00	-0.36	1.58	Flor de muerto	-0.63	1.69	-2.29
Paraca	-0.05	-0.28	1.34	Paraca	-0.83	0.25	-0.28
Palo de tres costillas	-0.18	-1.27	0.78	Árnica	-1.06	1.35	-0.65
Flor de muerto	-0.20	0.33	0.48	Cuatecomate	-1.21	1.36	1.00
Margarita	-0.28	-1.36	0.58	Tlapanche de venado	-1.24	-0.72	-1.79
				Palo dulce	-1.61	-0.37	0.86
Alimenticias				Alimenticias			
Pitaya	1.46	0.26	-0.15	Guamúchil	0.88	-0.32	-0.97
Ciruela	1.08	-0.06	0.00	Pitaya	0.53	1.42	0.09
Fraile	1.08	-0.19	-1.39	Ciruela	-0.83	1.73	-0.07
Guaje	0.32	-0.49	-0.06	Nanche	-0.88	1.20	-0.14
Cuatomate	0.30	0.89	0.06	Huajocote	-1.28	-1.27	-0.08
Nanche	0.04	0.53	0.57	Fraile	-1.44	0.58	-1.83
Huajocote	-0.35	-0.65	0.09	Cuatomate	-1.88	1.63	-0.73
				Cuahuayote	-2.24	0.41	-0.48
Construcción				Construcción			
Palma	1.89	0.81	-0.80	Palma	0.94	-0.55	-1.60
Aclina	1.80	-0.39	-1.15	Tlahuitole	-0.13	-1.07	0.32
Solerillo	1.16	-0.19	0.13	Petlaltía colorada	-0.54	-0.89	0.20
Palo dulce	0.89	0.18	0.29	Tepeguaje	-0.62	-2.89	-0.11
Rabo de iguana	0.51	0.08	0.75	Mora	-0.88	-2.44	-0.12
Cuatillo	0.37	-0.11	0.44	Tecolhuixtle	-0.91	-1.48	0.31
				Palo dulce	-1.17	0.55	1.32

F1: aptitud para el manejo de la especie. F2: potencial de comercialización. F3: versatilidad-precocidad

cial de comercialización", excepto pitaya, presentaron baja "aptitud para su manejo", lo que significa la necesidad apremiante de reforestar para evitar que esas plantas valiosas desaparezcan de su hábitat.

El análisis factorial en Huajotitlán permitió corroborar lo declarado por los agricultores en el sentido de que, según los coeficientes de los factores "aptitud para el manejo de la especie" y "potencial de comercialización de la especie", pitaya, palma y palo dulce son las plantas que mostraron mejores perspectivas para proponer programas de manejo. No obstante, sólo palo dulce sobresalió en "versatilidad-precocidad"; lo cual indica que tiene más tipos de usos que las otras dos. Adicionalmente, este análisis mostró que zacatechichi, ciruela, fraile, aclina y solerillo poseen las condiciones que les proporcionan buena "aptitud para el manejo", pero les falta "potencial de comercialización" para que puedan ser consideradas como prioritarias en esta comunidad. En lo que respecta a cuachalalate, flor de muerto, árnica, cuatecomate, ciruela, nanche y cuatomate, éstas mostraron alto "potencial comercial" y la mínima "aptitud para el manejo", por lo que se requieren acciones urgentes de reforestación hacia estas plantas.

En Buenavista, las especies con alto "potencial de comercialización" presentaron baja "aptitud para el manejo"; la excepción fue la pitaya, que mostró ambas, lo que permitió ratificar a esta planta como la de mayor prioridad para el manejo en esta comunidad, resaltando a la vez la necesidad apremiante de reforestar las otras especies mencionadas con alto "potencial de comercialización", con el fin de reducir los riesgos inherentes a la sobre recolección que implica esta condición.

Un último aspecto que también conviene resaltar es la coincidencia de resultados en cuanto a la identificación de especies vegetales de mayor interés para los agricultores de ambas comunidades a través de técnicas distintas, pues tanto la valoración efectuada por los informantes como el análisis factorial de los datos identificaron, con un alto grado de concordancia, a las mismas plantas clasificadas como más relevantes. Ello permite por tanto, ratificar la validez del conocimiento tradicional (Pardo y Gómez, 2003) en torno al uso y manejo de recursos vegetales, y valorar la necesidad de continuar con los estudios encaminados a recuperar y sistematizar tal acervo de información para emplearlo, entre otros aspectos, en acciones que beneficien a la misma comunidad, como puede ser la conservación de especies silvestres útiles para la población (Höft et al., 1999; Rivera et al., 2007; Albuquerque et al., 2006; Hoffman y Gallaher, 2007; Albuquerque, 2009). Por otro lado, la aplicación de una técnica de análisis multivariado como el análisis de factores principales demostró ser una herramienta útil para aplicarse en estudios etnobotánicos, tal y como lo proponen diferentes investigadores (Sharma, 1996; Höft et al. 1999; Härdle y Simar, 2007; Albuquerque, 2009).

COMENTARIOS FINALES

Con este estudio se ha avanzado hacia el conocimiento de las especies vegetales silvestres útiles de mayor prioridad para dos comunidades en particular, en el municipio de Chietla, en la Mixteca Baja Poblana; no obstante, será conveniente corroborar en campo su relevancia a través de mediciones concretas, principalmente para calcular la oferta natural actual de los productos que pueden ser derivados de ellas.

Se espera que la información originada por este estudio pueda ser de utilidad para orientar la toma de decisiones de la gente local y de aquellos que tienen la responsabilidad de formular y establecer estrategias de restauración, de manejo y de conservación de los recursos naturales en la región.

La conservación de la productividad de la selva baja caducifolia puede promoverse a través de la participación de la gente local en el ámbito cotidiano de acción, si se toma en cuenta el conocimiento e interés que se desarrolla en cada comunidad acerca de las especies que les representan beneficios significativos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a las personas de las comunidades de Huajotitlán y Buenavista, Pue., que participaron en la presente investigación, por compartir sus conocimientos. El primer autor agradece a la Coordinación Sectorial de Desarrollo Académico el financiamiento otorgado para la realización de este trabajo; a la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria por la Beca-comisión otorgada; a la Subdirección de Enlace Operativo de la Dirección General de Estudios Técnico Agropecuarios (DGETA-Puebla), particularmente al Ing. Héctor René Becerril Toral, por su apoyo a la realización del postgrado; y al Dr. Higinio López Sánchez por sus críticas al manuscrito.

LITERATURA CITADA

Albuquerque, U. P. 2009. Quantitative ethnobotany or quantification in ethnobotany? Ethnobot. Res. & Appl. 7: 1-3.

Albuquerque, U. P., R. F. P. Lucena, J. M. Monteiro, A. T. N. Florentino y C. de F. C. B. R. Almeida. 2006. Evaluating two quantitative ethnobotanical techniques. Ethnobot. Res. & Appl. 4: 51-60.

Alcorn, J. B. 1995. The scope and aims of ethnobotany in a developing world. In: Schultes, R. E. & S. Von Reis (eds.). Ethnobotany: Evolution of a discipline. Dioscorides Press. Portland, USA. pp. 23-39.

Aldete, J. M. F., M. Magali y C. Candeira. 2006. El estado del arte de los recursos genéticos en las Américas: conservación, caracterización y utilización. Foro de las Américas para la Investigación y el Desarrollo Tecnológico Agropecuario. Brasilia, DF, Brasil. http://www.iica.int/foragro/cd_prior/Docs/RecFitog.pdf. Consultada el 26 de febrero de 2008.

Alexiades, M. N. 1996. Standard techniques for collecting and preparing herbarium specimens. In: Alexiades, M. N. (ed.). Selected guidelines for ethnobotanical research: A field manual. Advances in Economic Botany 10. The New York Botanical Garden. Bronx, New York, USA. 326 pp.

Anónimo. 1989. Statistical package for the social sciences, versión 15.0.1.1989. Disponible en: http://www.spss/devcentral/.

Anónimo. 1996. Informe sobre el estado de los recursos fitogenéticos en el mundo. Preparado para la Conferencia Técnica Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Leipzig, Alemania. 85 pp.

Anónimo. 2000a. Recursos fitogenéticos, compromiso internacional y plan de acción de Leipzig. 26a Conferencia regional de la Food and Agriculture Organization of the United Nations para América Latina y el Caribe. Mérida, México. 10 pp.

Anónimo. 2000b. Síntesis geográfica del estado de Puebla. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Aguascalientes, México. 124 pp.

Anónimo. 2004. SAS Institute Inc. SAS/STAT® 9.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. 5121 pp.

Anónimo. 2005a. Ecosystems and human well-being: synthesis. Millenium Ecosystem Assessment. Island Press. Washington, D.C., USA. 85 pp.

Anónimo. 2005b. Conteo de población y vivienda 2005; principales resultados por localidad (ITER)-descarga. Puebla. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/default.aspx?c=10395&s=est. Consultada el 21 de diciembre de 2008.

Anónimo. 2006. La gestión ambiental en México. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F., México. 468 pp.

Arias, G. J. C. y D. Cárdenas. 2007. Manual de identificación, selección y evaluación de oferta de productos forestales no maderables. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas-Sinchi. Bogotá, Colombia. 32 pp.

Blanco-Castro, E. 1996. Ideas metodológicas relativas al trabajo de campo etnobotánico. Monograf. Jard. Bot. Córdoba 3: 89-91.

Blanco, E., C. Cuadrado y R. Morales. 2000. Plantas en la cultura material de Fuenlabrada de los Montes (Extremadura, España). Anales Jard. Bot. Madrid 58(1): 145-162.

Caballero, J. y L. Cortés. 2001. Percepción, uso y manejo tradicional de los recursos vegetales en México. In: Rendón, B., S. Rebollar, J. Caballero y M. A. Martínez (eds.). Plantas, cultura y sociedad. Estudio sobre la relación entre seres humanos y plantas en los albores del siglo XXI. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa y Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México, D.F., México. pp. 79-100.

Casana-Martínez, E., R. Galán-Soldevilla y J. E. Hernández-Bermejo. 1996. Registro de datos: preparación y estrategia del trabajo de campo. Monograf. Jard. Bot. Córdoba 3: 57-62.

Casas A. y J. Caballero. 1996. Traditional management and morphological variation in *Leucaena esculenta* (Fabaceae: Mimosoideae) in the Mixtec region of Guerrero, Mexico. Econ. Bot. 50(2): 167-181.

Cuevas S., J. A. 1988. Recursos fitogenéticos: bases conceptuales para su estudio y conservación. Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 464 pp.

Cuevas S., J. A., E. Hernández, T. Rojas y J. García. 1991. Estudio de los recursos fitogenéticos en el Totonacapan. In: Ortega P., R., H. G. Palomino, G. Castillo, H. V. González y M. M. Livera. (eds.). Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México. pp. 137-158.

Daily, G. C., S. Alexander, P. R. Ehrlich, L. Goulder, J. Lubchenco, P. A. Matson, H. A. Mooney, S. Postel, S. H. Schneider, D. Tilman y G. M. Woodwell. 1999. Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystems. Issues in Ecology 2: 18 pp.

Dávila, P., M. C. Arizmendi, A. Valiente-Banuet, J. L. Villaseñor, A. Casas y R. Lira. 2002. Biological diversity in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, México. Biodivers. Conserv. 11: 421-442.

Dirzo, R. 1990. La biodiversidad como crisis ecológica actual ¿Qué sabemos? Ciencias 4: 48-55.

Ehrlich, A. H. y P. R. Ehrlich. 1992. Causes and consequences of the disappearance of biodiversity. In: Sarukhán, J. y R. Dirzo (comps.). México ante los retos de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F., México. pp. 43-55.

Fernández, R., C. Rodríguez, M. L. Arreguín, A. Rodríguez. 1998. Listado florístico de la cuenca del río Balsas, México. Polibotánica 9: 1-151.

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köeppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 246 pp.

García-Vázquez, U., L. Canseco-Márquez, J. L. Aguilar-López, C. A. Hernández-Jiménez, J. Maceda-Cruz, M. G. Gutiérrez-Mayén y E. Y. Melgarejo-Vélez. 2006. Análisis de la distribución de la herpetofauna en la región Mixteca de Puebla, México. In: Ramírez-Bautista, A., L. Canseco-Márquez y F. Mendoza-Quijano (eds.). Inventarios herpetofaunísticos de México: avances en el conocimiento de su biodiversidad. Sociedad Herpetológica Mexicana. Publicaciones Especiales 3. S y G Editores. México, D.F., México. pp. 152-169.

González, L. J. y D. López. 1991. Los recursos vegetales silvestres en el municipio de Texcoco, México. In: Ortega P., R., H. G. Palomino, G. F. Castillo, H. V. González y M. M. Livera (eds.). Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México. pp. 111-135.

Guízar N., E. y V. A. Sánchez. 1991. Guía para el reconocimiento de los principales árboles del alto Balsas. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 207 pp.

Härdle W. y L. Simar. 2007. Applied multivariate statistical analysis. Springer-Verlag. Berlin, Alemania. 458 pp.

Hellier, A., A. C. Newton y S. Ochoa. 1999. Use of indigenous knowledge for rapidly assessing trends in biodiversity: a case study from Chiapas, Mexico. Biodivers. Conserv. 8: 869-889.

Hersch-Martinez, P. 1995. Commercialization of wild medicinal plants from southwest Puebla, México. Econ. Bot. 49(2): 197-206.

Hersh-Martínez, P. y A. Fierro. 2001. El comercio de plantas medicinales: algunos rasgos significativos en el centro de México. In: Rendón, B., S. Rebollar, J. Caballero y M. A. Martínez. (eds.). Plantas, cultura y sociedad. Estudio sobre la relación entre seres humanos y plantas en los albores del siglo XXI. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa y Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México, D.F., México. pp. 53-75.

Hernández S., L., C. González y F. González. 1991. Plantas útiles de Tamaulipas, México. Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México. Ser. Bot. 62(1): 1-38.

Hernández-Xolocotzi, E. 1970. Exploración etnobotánica y su metodología. Colegio de Postgraduados, Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. 43 pp.

Hoffman, B. y T Gallaher. 2007. Importance indices in ethnobotany. Ethnobot. Res. & Appl. 5: 201-218.

Höft, M., S. K. Barik y A. M. Lykke. 1999. Quantitative ethnobotany. Applications of multivariate and statistical analyses in ethnobotany. People and Plants Working Paper 6. United Nations for Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). Paris, Francia. 45 pp.

Lawless H., T. y H. Heymann. 1998. Sensory evaluation of food. Principles and practices. Chapman and Hall. New York, USA. 819 pp.

Luna J., A., L. Montalvo-Espinosa y B. Rendón-Aguilar. 2003. Los usos no leñosos de los encinos en México. Bol. Soc. Bot. Méx. 72: 107-117.

Luna J., A. y B. Rendón. 2008. Recursos vegetales útiles en diez comunidades de la Sierra Madre del Sur, Oaxaca, México. Polibotánica 26: 193-242.

Marín-Corba, C., D. Cárdenas-López y S. Suárez-Suárez. 2005. Utilidad del valor de uso en etnobotánica. Estudio en el Departamento de Putumayo (Colombia). Caldasia 27(1): 89-101.

Martin, G. J. 1995. Etnobotánica, manual de métodos. Pueblos y Plantas 1. Ed. Nordan-Comunidad. Montevideo, Uruguay. 272 pp.

Miranda, F. y E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Bol. Soc. Bot. Méx. 28: 29-179.

Monroy-Ortiz, C. y R. Monroy. 2004. Análisis preliminar de la dominancia cultural de las plantas útiles en el estado de Morelos. Bol. Soc. Bot. Méx. 74: 77-95.

Pardo, S. M. y E. Gómez P. 2003. Etnobotánica: aprovechamiento tradicional de plantas y patrimonio cultural. Anales Jard. Bot. Madrid 60(1): 171-182.

Paredes-Flores, M., R. Lira y P. Dávila. 2007. Estudio etnobotánico de Zapotitlán Salinas, Puebla. Acta Bot. Mex. 79: 13-61.

Paule, D. S. y C. Potvin. 2004. Conservation of useful plants: an evaluation of local priorities from two indigenous communities in eastern Panama. Econ. Bot. 58(1): 38-57.

Pérez-Gil, J. A., S. Chacón M. y R. Moreno R. 2000. Validez de constructo: el uso de análisis factorial exploratorio-confirmatorio para obtener evidencias de validez. Psicothema 12(2): 442-446.

Peters, C. 1996. The ecology and management of non-timber forest resources. Technical Papers 322. World Bank. Washington, D.C., USA. 162 pp.

Rivera, D., C. Obón, C. Inocencio, M. Heinrich, A. Verde, J. Fajardo y J. A. Palazón. 2007. Gathered food plants in the mountains of Castilla-La Mancha (Spain): Ethnobotany and Multivariate Analysis. Econ. Bot. 61(3): 269-289.

Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 1a. edición digital. México, D.F., México. 504 pp. http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx_Cont.pdf. Consultada el 8 de diciembre de 2010.

Sánchez, M. J. 1996. Utilización de los recursos naturales y estrategias de reproducción. Estudio de caso en dos comunidades de los valles de Oaxaca. In: Paré, L. y M. J. Sánchez. (coord.). El ropaje de la tierra, naturaleza y cultura en cinco zonas rurales. Plaza y Valdés & Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. pp. 97-175.

Sharma, S. 1996. Applied multivariate techniques. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA. 493 pp.

Ticktin, T., G. de la Pefia, C. Ilsley, S. Dalle y T. Johns. 2002. Participatory ethnoecological research for conservation: lessons from case studies in Mesoamerica. In: Stepp, J. R., E. S. Wyndham y R. K. Zarger (eds.). Ethnobiology and biocultural diversity: Proceedings of the Seventh International Congress of Ethnobiology. University of Georgia Press. Athens. pp. 575-584.

Toledo, V. M., J. Carabias, C. Toledo y C. González-Pacheco. 1989. La producción rural en México: Alternativas ecológicas. Fundación Universo Veintiuno. México, D.F., México. 402 pp.

Toledo, V. 1994. La diversidad biológica de México. Ciencias 34: 43-59.

Toledo, A. 2003. Ríos, costas, mares, hacia un análisis integrado de las regiones hidrológicas de México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología y El Colegio de Michoacán. México, D.F., México. 117 pp.

Tyler, S. T. 2006. Co-manejo de recursos naturales, aprendizaje local para la reducción de la pobreza. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. Ottawa, Canadá. 112 pp.

Villaseñor, J. L. 2004. Los géneros de las plantas vasculares de la flora de México. Bol. Soc. Bot. Méx. 75: 105-135.

Villaseñor, J. L. y F. Espinosa-García. 2004. The alien flowering plants of México. Divers. Distrib. 10: 113-123.

Recibido en febrero de 2011.

Aceptado en octubre de 2011.

Acta Botanica Mexicana 98: 99-110 (2012)

CONTRIBUCIÓN A LA CITOGENÉTICA DE *TAMARINDUS INDICA* (LEGUMINOSAE: CAESALPINIOIDEAE)

Fernando Tapia-Pastrana[1,3], Pedro Mercado-Ruaro[2] y Sandra Gómez-Acevedo[1]

[1]Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Laboratorio de Genecología, Apdo. postal 9-020, 15000 México, D.F. México.
[2]Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología, Departamento de Botánica, Apdo. postal 70-223, 04510 México, D.F. México.
[3]Autor para la correspondencia: pasfer@unam.mx

RESUMEN

Se utilizó la técnica de splash para analizar las características citogenéticas de *Tamarindus indica* en meristemos radiculares de semillas provenientes de individuos silvestres y de variedades cultivadas de México. El número cromosómico observado en metafases mitóticas $2n = 2x = 24$ concuerda con recuentos anteriores, aunque difiere de otros obtenidos en algunas zonas paleotropicales, por lo que se discute el papel de la disploidía en la evolución del género. La fórmula cariotípica establecida aquí como $16m + 6sm + 2st^{sat}$ y los tamaños cromosómicos obtenidos confirman que en Caesalpinioideae predominan los cariotipos simétricos y cromosomas de tamaño pequeño (< 3 μm). La constante asociación de los satélites con un nucleolo único confirma que los cromosomas subtelocéntricos (st) son portadores de la región del organizador nucleolar (NOR). Diferencias en las longitudes cromosómicas totales sugieren que las semillas utilizadas para su cultivo en México proceden de regiones geográficas diferentes o bien reflejan un proceso de intensa selección artificial aplicada en las variedades cultivadas. Se requiere evaluar la extensión de la variación en el número y morfología cromosómica en otras poblaciones del Nuevo Mundo.

Palabras clave: cariotipo, Leguminosae, México, región del organizador nucleolar, *Tamarindus*.

ABSTRACT

A cytogenetic analysis was performed using a chromosome splash technique in root cells of *Tamarindus indica* from seeds of wild and cultivated varieties individuals in Mexico.

Cytological data in typical metaphase cells show a somatic diploid number of $2n = 2x = 24$ which confirms previous counts although it is different respect to others registered in paleotropical regions and thus, the role of disploidy in the genus evolution is discussed. The karyotypic formula established here as $16m + 6sm + 2st^{sat}$ and the chromosomal size obtained confirm that in Caesalpinioideae predominate symmetrical karyotypes and chromosomes of small size (< 3 µm). The constant association amongst satellites and single nucleolus in prometaphase confirm that subtelocentric chromosomes bear the nucleolar organizing region (NOR). Differences in total haploid chromosomal length between wild and cultivated material could indicate different geographic origins in the seeds now employed of cultivars in Mexico or evidence a process of intensive artificial selection on the fruit. It is necessary to evaluate the extension of numerical and morphological variation in more New World populations.

Key words: karyotype, Leguminosae, Mexico, nucleolar organizing region, *Tamarindus*.

INTRODUCCIÓN

Tamarindus indica Linnaeus es el único miembro del género y es un árbol tropical de gran tamaño, larga vida y usualmente siempre verde, nativo de las sabanas secas de África tropical, incluyendo partes de los bosques secos caducifolios de Madagascar. Crece silvestre a través del Sudán y ha sido extensamente cultivado en Asia tropical, Oceanía, Australia, Norteamérica, Centroamérica, Sudamérica y El Caribe (El-Siddig et al., 2004; Gebauer y Ebert, 2005; Diallo et al., 2007). El origen preciso de esta especie es aún objeto de controversia (Diallo et al., 2007). Debido al alto valor nutritivo de su fruto y su adaptabilidad a condiciones climáticas y edáficas variables (suelos alcalinos, ligeramente salinos y pobres), actualmente tiene importancia como cultivo no sólo en climas tropicales cálidos, sino también en regiones subtropicales y semiáridas (Gebauer et al., 2001; Morton, 1958), donde se le aprovecha como fuente de material para la construcción, combustible y forraje, aunque el principal producto es la pulpa agridulce del fruto con un amplio uso doméstico e industrial en la preparación de alimentos y bebidas (Parrotta, 1990; Gunasena y Pushpakumara, 2007). Fue introducido en América durante el siglo XVI y ahora crece ampliamente en las zonas tropicales y subtropicales de México, donde se le conoce con el nombre común de "tamarindo" (Parrotta, 1990; Martínez, 1994).

Tamarindus indica es una especie preferentemente alógama (Diallo et al., 2008) que exhibe una amplia variación en sus caracteres morfológicos y para la cual se han reportado diferencias en relación a la calidad de la pulpa comercial (de ácida a dulce), la edad de la primera fructificación, el color, forma y tamaño de flores y frutos, el tamaño de las semillas y la calidad de la madera (Brenan, 1967; Morton, 1987; Gunasena y Hughes, 2000; El-Siddig et al., 2006; Gunasena y Pushpakumara, 2007). Una variedad con fruta roja común en la India ha sido considerada un taxon infraespecífico, *Tamarindus indica* var. *rhodocarpa* (Bhattacharyya, 1974) y en Venezuela, se han caracterizado, con base en estructuras reproductivas, al menos dos fenotipos (Marcano et al., 2006). Diez morfotipos fueron descritos en Benin (Oeste de África) empleando taxonomía folk (Fandohan et al., 2011) y entre ocho y quince variedades cultivadas han sido diferenciadas en India, Tailandia y Filipinas, en función del tamaño del fruto y su grado de dulzura (El-Siddig et al., 2006). Asimismo, se han registrado fluctuaciones en la capacidad de adaptación a diferentes latitudes y altitudes, tolerancia a la sequía, vientos, suelos pobres, pH altos y bajos y pastoreo (Gunasena y Pushpakumara, 2007).

A este respecto, los análisis moleculares que emplean polimorfismos de ADN amplificados al azar (RAPDS) han mostrado que dentro de las áreas de distribución original del tamarindo (África, Madagascar e India), existe una elevada diversidad genética (Diallo et al., 2007; Nyadoi et al., 2010), misma que podría sustentar la variación morfológica y fisiológica ya señalada.

Por otra parte, una revisión sobre los estudios citogenéticos realizados en *T. indica* muestra que éstos no se han efectuado de manera sistemática, resaltando la ausencia de definiciones de cariotipos y la carencia de datos de plantas americanas. Asimismo, las diferencias en los números cromosómicos publicados $2n = 24$ (Bir y Kumari, 1977; Kumari y Bir, 1989; Yeh et al., 1986), $2n = 26$ (Choudhary y Choudhary, 1988) y $2n = 28$ (Huang et al., 1989) en poblaciones del Viejo Mundo sugieren que se trata de una especie citogenéticamente variable.

Por lo descrito en el párrafo anterior y debido a la falta de información citológica en las poblaciones de esta especie en América y, en especial en México, este trabajo tiene como objetivo analizar la citogenética de células somáticas de semillas provenientes de individuos silvestres que crecen en entornos cercanos a viviendas rurales y de semillas de variedades cultivadas para exportación, a fin de generar información que permita la comparación morfológica de sus cromosomas mitóticos y contribuir con ello al entendimiento del sistema genético de esta especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las localidades de origen y el tipo de variedad de las semillas utilizadas en esta investigación se describen en el Cuadro 1. Se colectaron frutos de entre 5 y 10 árboles por localidad. A partir de éstos se prepararon lotes de 30 semillas elegidas al azar de cada procedencia. Las semillas fueron escarificadas mecánicamente y puestas a germinar a temperatura ambiente en cajas de Petri con algodón humedecido en agua destilada. Las condiciones de iluminación fueron 12 horas de luz natural y 12 horas de oscuridad. Alrededor de 25 meristemos radiculares por lote se separaron de raíces de 1-2 cm de longitud y se trataron con 8-hidroxiquinoleína 0.002 M durante 5 horas a temperatura ambiente. Posteriormente se fijaron en solución Farmer (etanol absoluto-ácido acético glacial, 3:1). Para la obtención de los cromosomas en metafase se siguió un método de secado al aire (Tapia-Pastrana y Mercado-Ruaro, 2001), el cual se basa en la maceración enzimática (pectinasa 20% + celulasa 2%) de los meristemos apicales durante 2 horas a 37 °C, seguida de la transferencia del botón celular que contiene los protoplastos a una solución de KCl 0.075 M durante 20 minutos a 37 °C. Ulteriormente, se hicieron dos lavados con la misma solución y el botón celular se fijó en solución Farmer. Las laminillas fueron preparadas dejando caer dos gotas de la suspensión celular sobre el portaobjetos. La tinción de los cromosomas se realizó con Giemsa a 10% y las preparaciones se hicieron permanentes empleando dos gotas de resina sintética extendidas bajo cubreobjetos. Los mejores campos se fotografiaron en un microscopio óptico Carl Zeiss Axioscop (100X) usando película Kodak Technical Pan.

Se utilizó un vernier digital (Mitutoyo Digimatic Caliber CD-G’’BS) para medir los tamaños cromosómicos en cinco fotografías de buenas metafases que se utilizaron para la caracterización morfológica de los cromosomas y definición del cariotipo. Para la obtención de la fórmula cariotípica se aplicó el sistema propuesto

Cuadro 1. Ubicación y origen de las semillas de *Tamarindus indica* analizadas en el presente trabajo.

	Localidad	Coordenadas geográficas	Altitud (m)	Variedad
1	Tlaltizapán, Morelos	18°40' N, 99°06' W	947	silvestre
2	Arcelia, Guerrero	18°18' N, 100°19' W	400	silvestre
3	Tequesquitlán, Jalisco	19°46' N, 104°63' W	568	cultivada
4	Tecomán, Colima	18°54' N, 103°52' W	33	cultivada

por Levan et al. (1964): las abreviaturas m, sm y st designan a cromosomas metacéntricos, submetacéntricos y subtelocéntricos, respectivamente. La proporción de la suma total de longitudes de brazos cortos respecto a la suma total de longitudes cromosómicas como indicador de simetría o asimetría del cariotipo (T.F. %) se determinó según Sinha y Roy (1979).

Para descartar la presencia de cromosomas B así como el número y naturaleza de los cromosomas nucleolares portadores de la región NOR, se analizaron además células en prometafase.

Con la finalidad de contrastar hipótesis acerca de la igualdad de medias en relación a las longitudes cromosómicas totales haploides (LCT), se practicó un ANDEVA (análisis de varianza de un factor, diseño completamente aleatorio y $\alpha = 0.05$).

RESULTADOS

Las características cuantitativas de los cariotipos de *Tamarindus indica* de las cuatro localidades bajo estudio se presentan en el Cuadro 2 y estos se muestran en la Fig. 1. La dispersión óptima de los cromosomas en las células en metafase analizadas permitió recuentos y mediciones precisos y sin ambigüedad (Fig. 2). En todas se registró un número cromosómico $2n = 2x = 24$. En ningún caso se apreciaron fragmentos cromosómicos, cromosomas B, ni algún tipo de artefacto que imposibilitara una interpretación diferente de dicho número. Las células en prometafase exhibieron la misma condición.

Cuadro 2. Análisis cariotípico de *Tamarindus indica* en cuatro localidades de México. Loc.: localidades estudiadas; C: número de células analizadas; $2n$: número cromosómico somático; FC: fórmula cariotípica; CS: constricción secundaria; LCT: longitud cromosómica total haploide ($\bar{x} \pm$ ES) media en µm; R: intervalo de longitud cromosómica en µm; Razón: longitud del cromosoma mayor/longitud del cromosoma menor; TF: índice de asimetría con base en Sinha y Roy (1979). El cariotipo y las características cuantitativas se determinaron de cinco fotos en metafase por localidad.

Loc.	C	$2n$	FC	CS	LCT	R	Razón	TF (%)
1	49	24	16m + 6sm + 2st	2st	19.80 ± 1.32	2.26 – 1.22	1.85	38.88
2	47	24	16m + 6sm + 2st	2st	19.43 ± 1.21	2.34 - 1.20	1.95	38.96
3	55	24	16m + 6sm + 2st	2st	22.05 ± 3.40	2.58 – 1.39	1.85	39.18
4	39	24	16m + 6sm + 2st	2st	24.20 ± 0.82	2.88 – 1.49	1.93	37.14

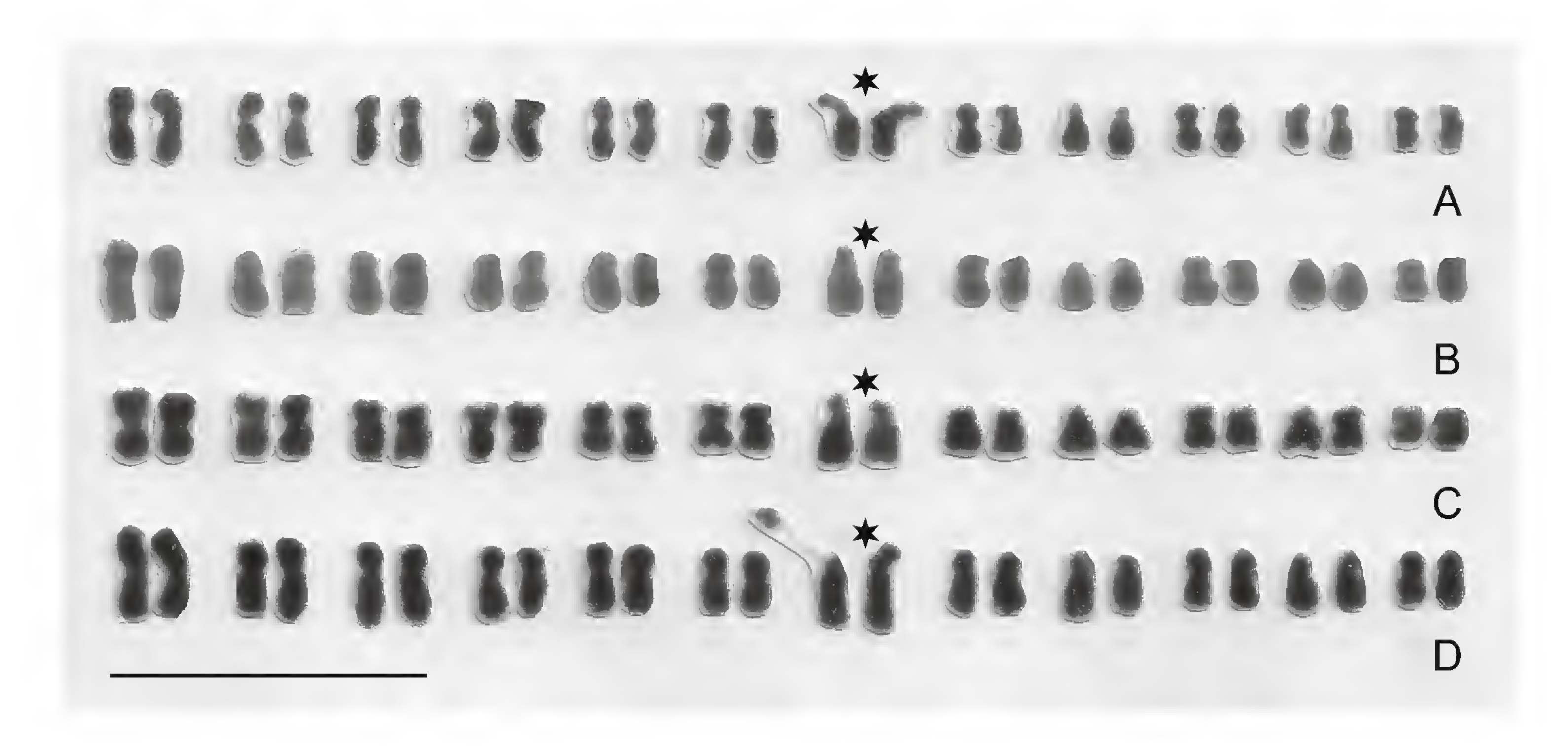


Fig. 1. Cariotipos de *Tamarindus indica* ($2n$ = 24). A. Tlaltizapán, Morelos; B. Arcelia, Guerrero; C. Tequesquitlán, Jalisco; D. Tecomán, Colima. Los cromosomas están alineados por el centrómero y en orden decreciente en longitud. ✶ = par cromosómico con constricción secundaria y satélite. Escala = 10 µm.

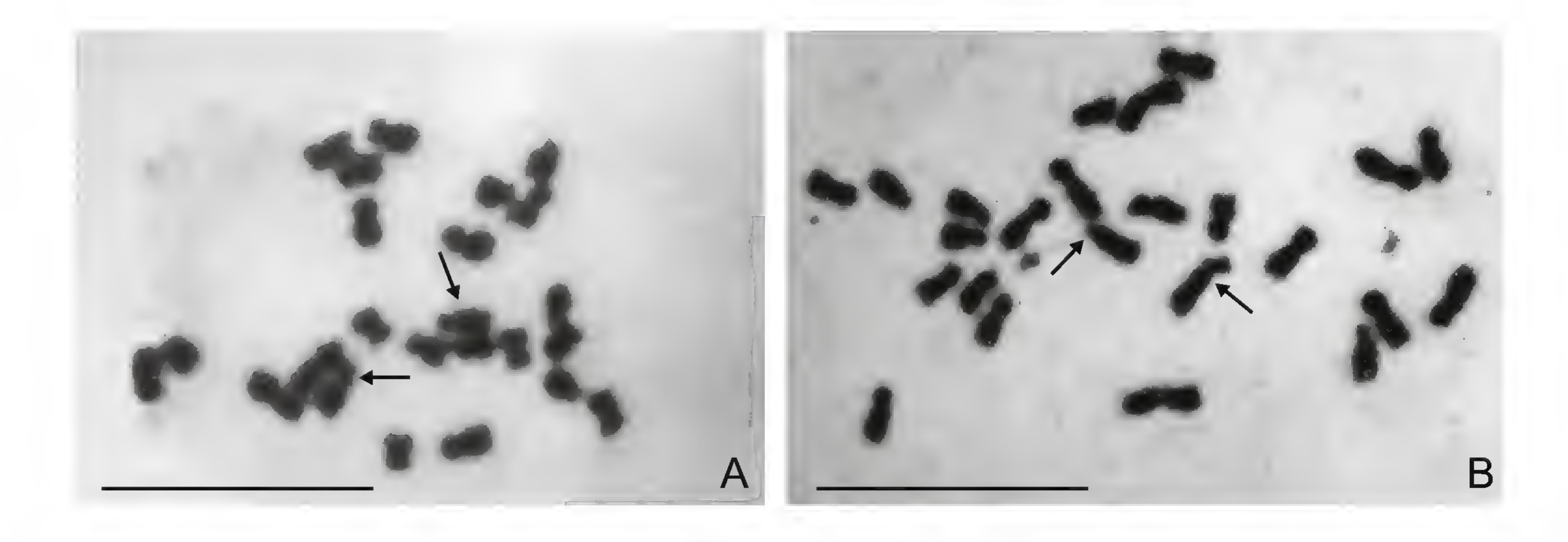


Fig. 2. Metafases de *Tamarindus indica* ($2n$ = 24). A. variedad silvestre; B. variedad cultivada. Las flechas señalan el par de cromosomas con satélites. Escala = 10 µm.

Independientemente de su procedencia, los complementos cromosómicos se caracterizaron por una predominancia de cromosomas metacéntricos (m) y submetacéntricos (sm) y sólo un par subtelocéntrico (st), mismo que es portador de la única constricción secundaria y porción satélite, constituyendo la fórmula cariotípica 16m + 6sm + 2st^{sat}. Los complementos exhibieron una constricción secundaria y porción satélite sobre los brazos cortos del par 7 (st). Particularmente, las células en prome-

tafase exhibieron una constante asociación e inclusión de los satélites en un nucleolo único (Fig. 3).

El análisis de diferencias de medias ($F = _{0.95, 3, 16}$) mostró una F_{calc} (5.99) > F_{teor} (3.24), lo que señala discrepancias significativas entre las LCT de cada localidad de *T. indica* analizada.

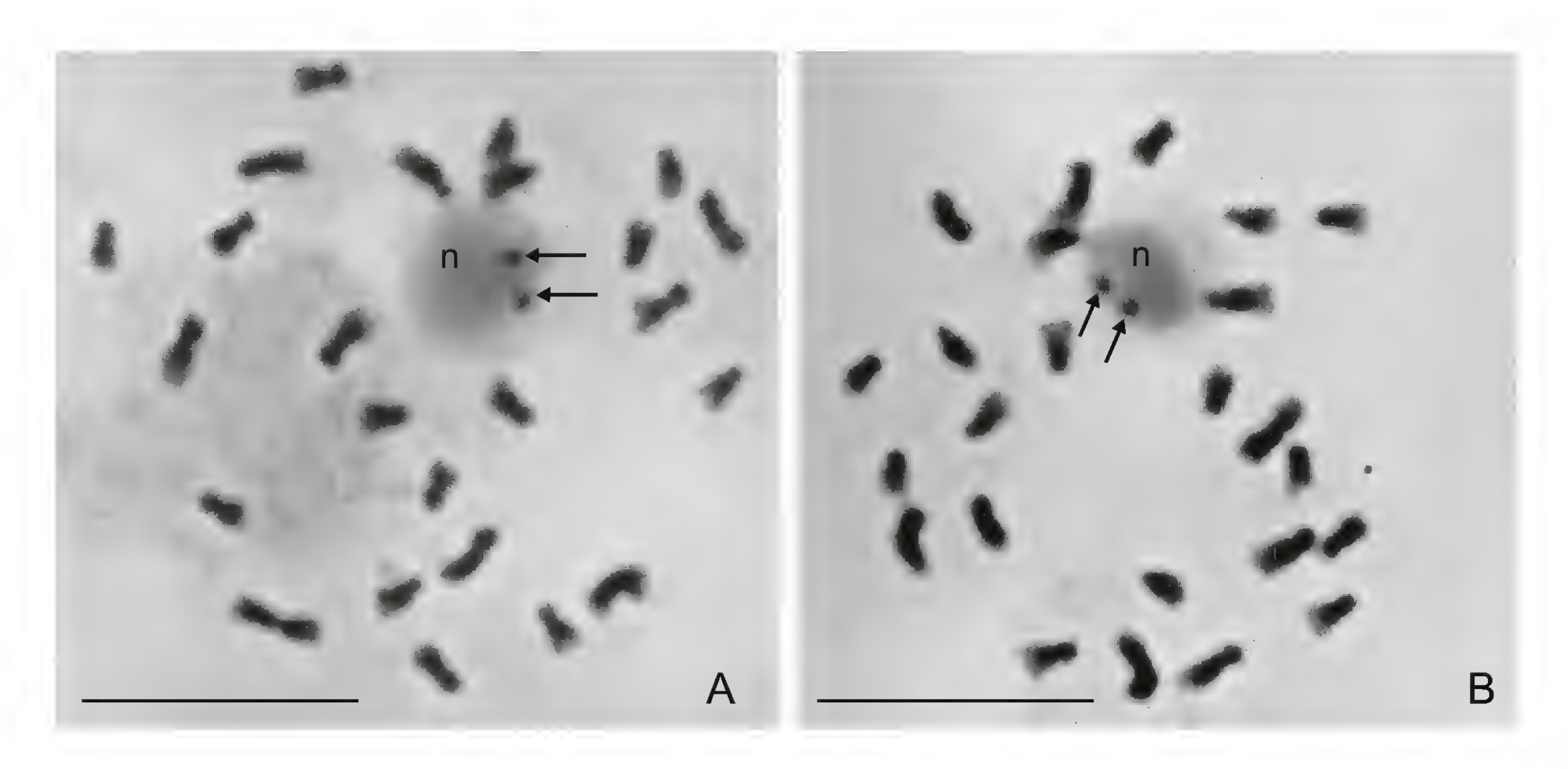


Fig. 3. A-B. Prometafases de *Tamarindus indica* (2*n* = 24). Las flechas señalan a los satélites separados entre sí y del resto del cromosoma y estrechamente asociados o incluidos en el nucleolo único (n). Escala = 10 µm.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la presente investigación revelan una visión detallada de las características citogenéticas de *Tamarindus indica*. Se trata de plantas diploides con 2*n* = 2*x* = 24, número que concuerda con algunos de los registros previos en células somáticas de meristemos radiculares para la especie en localidades asiáticas (Bir y Kumari, 1977; Yeh et al., 1986; Kumari y Bir, 1989) y con el *n* = 12 hallado en el gametofito (Husaini y Gill, 1985; Kumari et al., 1989). La fórmula cariotípica encontrada, 16m + 6sm + $2st^{sat}$, es la primera propuesta para material procedente de Norteamérica. La posibilidad de hallar citotipos con fórmula cariotípica diferente en otras poblaciones americanas de esta especie es factible debido a la amplia distribución ecológica y geográfica de la planta. Baste recordar que la reestructuración de los genomas y su divergencia ocurren como una consecuencia de

adaptaciones a condiciones ambientales específicas (Cullis, 1990; Cid y Palomino, 1996; Gómez-Acevedo y Tapia-Pastrana, 2003).

El número diploide registrado aquí para *T. indica* difiere de aquellos observados en regiones paleotropicales: $2n = 26$ en India (Choudhary y Choudhary, 1988) y $2n = 28$ en China (Huang et al., 1989). Asimismo discrepa de $n = 13 + 0\text{-}4$ B hallado por Singhal et al. (1990) en el gametofito de individuos de *T. indica* en la India. Tales diferencias no sorprenden si se considera que $x = 7$ fue establecido por Goldblatt (1981) como el número básico ancestral de la subfamilia Caesalpinioideae. Este autor propuso que la poliploidía originó posteriormente especies con $2n = 28$ ($x = 14$) y guarismos cromosómicos más bajos surgieron por reducción aneuploide. En Caesalpinioideae, frecuentemente se observan números haploides desde $n = 14$ hasta $n = 11$, considerados como secundarios o derivados y se explican como resultado de disploidía decreciente ocurrida durante el proceso evolutivo (Goldblatt, 1981; Souza y Benko-Iseppon, 2004; Biondo et al., 2006). Este mecanismo explica, por ejemplo, que en la tribu Detarieae la mayoría de los géneros que crecen en Sudamérica posean $n = 12$ (Poggio et al., 2008).

Conviene señalar que en los complementos cromosómicos analizados se observó que las constricciones secundarias se separan considerablemente de los satélites del cromosoma correspondiente, lo cual puede conducir a que éstos sean identificados erróneamente como cromosomas B o bien a obtener conteos cromosómicos mayores.

En relación con la morfología cromosómica de *Tamarindus indica*, nuestros resultados muestran complementos de baja asimetría (Cuadro 2), acordes con la fórmula $16m + 6sm + 2st^{sat}$ y conformados por cromosomas cuyas longitudes se ubicaron dentro del intervalo de 1 a 3 µm. Así, los datos obtenidos aquí confirman características citogenéticas inicialmente reconocidas por Stebbins (1971) y posteriormente corroboradas en especies de la India (Kumari y Bir, 1989) y de Brasil (Souza y Benko-Iseppon, 2004) para géneros pertenecientes a la subfamilia Caesalpinioideae: cariotipos relativamente simétricos, en los cuales predominan cromosomas metacéntricos y submetacéntricos con escasos o nulos subtelocéntricos y de tamaño pequeño.

Por otra parte, la presencia de un único par de cromosomas subtelocéntricos (st) en el cariotipo de *T. indica* ratifica la opinión sobre la escasez de esta clase de cromosomas en la familia Leguminosae en general (Bairiganjan y Patnaik, 1989) y en la subfamilia Caesalpinioideae en particular (Zanin y Cangiano, 2001). No obstante, en diferentes estudios se ha observado que en los cariotipos de las leguminosas estos cromosomas portan constricciones secundarias y satélites en su brazos cortos (Tapia-Pastrana y Mercado-Ruaro, 2001; Gómez-Acevedo y Tapia-Pastrana, 2003; Biondo et al., 2006).

En el caso particular de *T. indica* se puede afirmar que los cromosomas subtelocéntricos portan las regiones del organizador nucleolar (NOR), situación evidenciada por la manifiesta asociación e inclusión de los satélites en el nucleolo único en células en prometafase (Fig. 3).

En la Fig. 1 se muestra que los cariotipos obtenidos presentan un arreglo homogéneo independientemente de su procedencia, sin embargo, también se observan variaciones respecto al tamaño de los cromosomas, reflejadas en la longitud total haploide y en su intervalo (Cuadro 2), siendo éstos mayores en los complementos de las semillas provenientes de las zonas de cultivo intensivo.

A pesar de que se desconoce la procedencia de las primeras semillas empleadas para el cultivo de tamarindo en México, las diferencias observadas en los tamaños cromosómicos podrían indicar que éstas provienen de regiones geográficas diferentes dentro de la amplia zona de distribución natural e introducida de *T. indica* (Diallo et al., 2007), o bien reflejan un proceso de intensa selección artificial inconsciente sobre el tamaño cromosómico aplicada en las variedades cultivadas.

Al respecto cabe recordar que diversos trabajos han mostrado importantes variaciones en el contenido de ADN entre poblaciones cultivadas que proceden de diferentes regiones o climas en maíz (Laurie y Bennett, 1985), arroz (Iyengar y Sen, 1978) y soya (Rayburn y Auger, 1990; Rayburn et al., 1997). Sin embargo, antes de llegar a conclusiones definitivas sobre el papel de la reestructuración cromosómica en la evolución de *Tamarindus indica* se debe reunir más información detallada sobre la extensión de la variabilidad en el número, morfología y longitudes cromosómicas en el intervalo de su distribución geográfica en poblaciones del Nuevo Mundo, especialmente de México.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Alfonso Delgado Salinas la revisión crítica del manuscrito y sus valiosos comentarios.

LITERATURA CITADA

Bairiganjan, G. C. y S. N. Patnaik. 1989. Chromosomal evolution in Fabaceae. Cytologia 54: 51-64.

Bhattacharyya, P. K. 1974. A note on the presence of anthocyanin pigment in the stem of red-fruited variety of tamarind. Indian For. 100: 255-258.

Biondo, E., S. T. S. Miotto y M. T. Schifino-Wittmann. 2006. Cytogenetics of species of *Chamaecrista* (Leguminosae-Caesalpinioideae) native to southern Brazil. Bot. J. Linn. Soc. 150: 429-439.

Bir, S. S. y S. Kumari. 1977. Evolutionary status of Leguminosae from Pachmarhi, central India. Nucleus 20: 94-98.

Brenan, J. P. M. 1967. Leguminosae subfamily Caesalpinioideae. In: Milne-Redhead, E. y R. M. Polhill (eds.). Flora of tropical East Africa. Crown Agents for Overseas Governments and Administrations. London, UK. pp. 151-153.

Cid, R. y G. Palomino. 1996. Cytotypes and meiotic behaviour in Mexican populations of *Myrtillocactus geometrizans* var. *geometrizans* (Cactaceae). Cytologia 61: 343-348.

Choudhary, P. y S. S. Choudhary. 1988. Karyotypic studies and trend of speciation in some species of Caesalpiniaceae. J. Cytol. Genet. 23: 183-189.

Cullis, C. A. 1990. DNA rearrangements in response to environmental stress. Adv. Genet. 28: 73-97.

Diallo, O. B., H. I. Joly, D. Mckey, M. Hossaert-Mckey y M. H. Chevallier. 2007. Genetic diversity of *Tamarindus indica* populations: Any clues on the origin from its current distribution? Afr. J. Biotechnol. 6: 853-860.

Diallo, O. B., D. Mckey, M. H. Chevallier, H. I. Joly y M. Hossaert-Mckey. 2008. Breeding system and pollination biology of the semidomesticated fruit tree, *Tamarindus indica* L. (Leguminosae: Caesalpinioideae): Implications for fruit production, selective breeding, and conservation of genetic resources. Afr. J. Biotechnol. 7: 4068-4075.

El-Siddig, K., S. Inanaga, A. M. Ali, P. An, J. Gebauer y G. Ebert. 2004. Response of *Tamarindus indica* L. to iso-osmotic solutions of NaCl and PEG during germination. J. Appl. Bot. 78: 1-4.

El-Siddig, K., H. P. M. Gunasena, B. A. Prasads, D. K. N. G. Pushpakumara, K. V. R. Ramana, P. Vijayanand y J. T. Williams. 2006. Tamarind, *Tamarindus indica* L. Southampton Centre for Underutilised Crops. Southampton, UK. 188 pp.

Fandohan, B., A. E. Assogbadjo, R. G. Kakai, T. Kyndt y B. Sinsin. 2011. Quantitative morphological descriptors confirm traditionally classified morphotypes of *Tamarindus indica* L. fruits. Genet. Resour. Crop. Evol. 58: 299-309.

Gebauer, J. y G. Ebert. 2005. Comparison of the salt tolerance of the two under-utilised fruit species, baobab (*Adansonia digitata* L.) and tamarind (*Tamarindus indica* L.). Conference on International Agricultural Research for Development. Stuttgart-Hohenheim, Alemania. pp. 11-13.

Gebauer, J., K. El-Siddig y G. Ebert. 2001. Response of *Tamarindus indica* seedlings to salt stress. J. Appl. Bot. 75: 97-100.

Goldblatt, P. 1981. Cytology and the phylogeny of Leguminosae. In: Polhill, R. M. y P. M. Raven (eds.). Advances in legume systematics. Kew Royal Botanic Garden. Kew, UK. pp. 427-463.

Gómez-Acevedo, S. L. y F. Tapia-Pastrana. 2003. Estudio genecológico en *Prosopis laevigata*, *Acacia farnesiana* y *Acacia schaffneri* (Leguminosae). Darwiniana 41: 47-54.

Gunasena, H. P. M. y A. Hughes. 2000. Tamarind, *Tamarindus indica* L. In: Hughes, A., N. Hag y R. W. Smith (eds.). Fruits for the future 1. International Centre for Underutilized Crops. Southhampton, UK. 169 pp.

Gunasena, H. P. M y D. K. N. G. Pushpakumara. 2007. Tamarind, *Tamarindus indica* L. In: Pushpakumara, D. K. N. G., H. P. M. Gunasema y V. P. Singh (eds.). Underutilised fruit trees in Sri Lanka. World Agroforestry Centre. New Delhi, India. pp.352-388.

Huang, S. -F., Z. -F. Zhao, Z. -Y. Chen, S. J. Chen y X. -X. Huang. 1989. Chromosome counts on one hundred species and infraspecific taxa. Acta Bot. Austro Sin. 5: 161-176.

Husaini, S. W. y L. S. Gill. 1985. Cyto-geography of arborescent species of Caesalpinioideae (Leguminosae) from Nigeria. J. Tree Sci. 4: 7-14.

Iyengar, G. A. S. y S. K. Sen. 1978. Nuclear DNA content of several wild and cultivated *Oryza* species. Environ. Exp. Bot. 18: 219-224.

Kumari, S. y S. S. Bir. 1989. Karyomorphological evolution in Caesalpiniaceae. J. Cytol. Genet. 24: 149-163.

Kumari, S., M. I. S. Saggoo y S. Kumar. 1989. SOCGI plant chromosome number reports-VIII. J. Cytol. Genet. 24: 179-183.

Laurie, D. A. y M. D. Bennett. 1985. Nuclear DNA content in the genera *Zea* and *Sorghum*. Intergeneric, interspecific and intraspecific variation. Heredity 55: 307-313.

Levan, A., K. Fredga y A. A. Sandberg. 1964. Nomenclature for centromeric position on chromosomes. Hereditas 52: 201-219.

Marcano, H. Y., P. A. A. Palma y S. N. Mariño. 2006. Caracterización morfológica de las estructuras reproductivas de dos fenotipos de *Tamarindus indica* L. Resúmenes IX Congreso Latinoamericano de Botánica. Santo Domingo, República Dominicana. p. 132.

Martínez, M. 1994. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de Cultura Económica. México, D.F., México. 1247 pp.

Morton, J. F. 1958. The tamarind (*Tamarindus indica* L.). Its food, medicinal and industrial uses. Proc. Florida State Hort. Soc. 71: 288.

Morton, J. F. 1987. Fruits of warm climates. Creative Resources Systems, Inc. Winterville, USA. 505 pp.

Nyadoi, P., P. Okori, J. B. L. Okullo, J. Obua, K. Burg, S. Fluch, M. Nasoro, H. Saleh, A. B. Temu y R. Jamnadass. 2010. Variability of east Africa tamarind (*Tamarindus indica* L.) populations based on morphological markers. Gene Conserve 9: 51-78.

Parrotta, J. A. 1990. *Tamarindus indica* L. Tamarind. SO-ITF-SM-30. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. New Orleans, USA. 5 pp.

Poggio, L., S. M. Espert y R. H. Fortunato. 2008. Citogenética evolutiva en leguminosas americanas. Rodriguésia 59: 423-433.

Rayburn, A. L. y J. A. Auger. 1990. Genome size variation in *Zea mays* ssp. *mays* adapted to different altitudes. Theor. Appl. Genet. 79: 470-474.

Rayburn, A. L., D. P. Birdar, D. G. Bullock, R. L. Nelson, C. Gourmet y J. B. Wetzel. 1997. Nuclear DNA content diversity in Chinese soybean introductions. Ann. Bot. 80: 321-325.

Singhal, V. K., B. S. Gill y M. S. Sindhu. 1990. Cytological explorations of Indian woody legumes. Proc. Indian Acad. Sci. (Plant Sciences) 100(5): 319-331.

Sinha, S. S. N. y H. Roy. 1979. Cytological studies in the genus *Phaseolus* I. Mitotic analysis in fourteen species. Cytologia 44: 191-199.

Souza, M. G. C. y A. M. Benko-Iseppon. 2004. Cytogenetics and chromosome banding patterns in Caesalpinioideae and Papilionoideae species of Pará, Amazonas, Brazil. Bot. J. Linn. Soc. 144: 181-191.

Stebbins, G. L. 1971. Chromosomal evolution in higher plants. Addison-Wisley Publishing Co. London, UK. 216 pp.

Tapia-Pastrana, F. y P. Mercado-Ruaro. 2001. A combination of the "squash" and "splash" techniques to obtain the karyotype and assess meiotic behavior of *Prosopis laevigata* L. (Fabaceae: Mimosoideae). Cytologia 66: 11-17.

Yeh, M. S., H. Yuasa y F. Maekawa. 1986. Chromosome number in the Leguminosae. Sci. Rep. Res. Inst. Evol. Biol. 3: 57-71.

Zanin, L. A. y M. A. Cangiano. 2001. El cariotipo de *Hoffmannseggia glauca* (Fabaceae). Darwiniana 39: 11-13.

Recibido en diciembre de 2010.

Aceptado en octubre de 2011.

Acta Botanica Mexicana 98: 111-124 (2012)

PHYMATOSORUS GROSSUS (POLYPODIACEAE) EN MÉXICO Y COMENTARIOS SOBRE OTROS PTERIDOBIONTES NO-NATIVOS

J. Daniel Tejero-Díez[1,2] y Alin N. Torres-Díaz[1]

[1]Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Carrera de Biología, Avenida de los Barrios 1, Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, 54090 Estado de México, México.
[2]Autor para la correspondencia: tejero@unam.mx

RESUMEN

Se reporta el hallazgo de *Phymatosorus grossus* (Langsd. & Fisch.) Brownlie en México; helecho exótico que presenta cualidades para comportarse como invasor. Se describe su morfología, características ecológicas y distribución. Además, se incluye una lista de otros licopodios y helechos no-nativos registrados en la bibliografía, así como de otras especies de pteridobiontes que probablemente han ingresado al país en tiempos recientes.

Palabras clave: helechos exóticos, helechos invasores, malezas, México, *Phymatosorus*.

ABSTRACT

Phymatosorus grossus (Langsd. & Fisch.) Brownlie is reported for Mexico for the first time. It is an exotic fern that presents characteristics typical of invasive species. We give a morphological description, ecological features and distribution of the species. We also include a list of other non-native clubmosses and ferns reported in the literature, as well as other species of pteridophytes that have probably arrived in Mexico recently.

Key words: alien ferns, invader ferns, Mexico, *Phymatosorus*, weeds.

Con el calificativo de plantas “no-nativas” se conoce a las especies exóticas o no-indígenas de una región dada, las cuales han sido introducidas en forma intencional o accidental debido a las actividades humanas (Pysek et al., 2004).

El aprovechamiento que el ser humano ha hecho de las especies y del ambiente se ha traducido en un traspaso de plantas (y animales) entre localidades en todo el mundo. En ocasiones este proceso ocurre en forma consciente y en otras, las diásporas se trasladan como acompañantes ocultas (polizontes) o en forma fortuita aprovechándose de la antropización de los ambientes. Las especies no-nativas, categorizadas como naturalizadas, tienen la capacidad de un crecimiento independiente y sustentan un auto reemplazamiento de su población por al menos 10 años (Williamson, 1996). De éstas, sólo alrededor de 10% se convierten en invasoras en el hábitat hospedante (Groves, 1991; Williamson y Fitter, 1996).

Las plantas invasoras son aquellas que producen diásporas, en ocasiones de una forma muy rápida o en gran número y que tienen el potencial de esparcirse sobre grandes áreas y causar un daño a ecosistemas naturales (Pysek et al., 2004). La invasión de comunidades naturales por la introducción de especies exóticas constituye una de las amenazas para la biodiversidad a nivel mundial (Adair y Groves, 1998; Baskin, 2002; Lodge, 1993). Se ha encontrado que las plantas invasoras pueden afectar el nicho de las especies nativas de una comunidad, alterar la estructura de un ecosistema e interrumpir los procesos evolutivos (D'Antonio y Vitousek, 1992; Mack et al., 2000 y Levine et al., 2003); tienen, por tanto, un efecto negativo en diversos hábitats en todo el mundo al competir y reducir la riqueza de especies nativas, alterar el régimen del agua o el fuego, afectar los procesos de los nutrientes del suelo y alterar la geomorfología en general (MacDonald et al., 1989; Cronk y Fuller, 1995; Rose y Fairweather, 1997).

La dispersión antrópica es favorecida por la industria hortícola de plantas ornamentales o por la inconsciencia de personas que pasan a escondidas propágulos para fines personales (Reichard y White, 2001; Mack y Erneberg, 2002). Se calcula que en Estados Unidos de América cerca de 5000 especies no-nativas han escapado del cultivo (Morse et al., 1995) y que las plantas invasoras causan un daño calculado en 34 mil millones de dólares (Pimentel, 2005). En México, Villaseñor y Espinosa-García (2004) listan 618 especies de plantas fanerógamas no-nativas, pero no se ha calculado cuántas son invasoras y el daño económico que ellas provocan. Mickel y Smith (2004) mencionan la presencia de nueve especies de helechos exóticos en México y, recientemente, Mora-Olivo y Yatskievych (2009) documentan la presencia de *Salvinia molesta* en el norte del país.

Durante los recorridos de campo del primer autor, desde el año 2000 a la fecha, en México y Centroamérica, se han obtenido ejemplares de dos poblaciones de una planta cuyos caracteres no coincidían con los de las especies reportadas para el país. Estos especímenes se determinaron con la ayuda de las claves de Stuart (2009)

y la flora de Australia (Bostock y Spokes, 1998). El proceso de determinación dio como resultado el nombre de *Phymatosorus grossus* (Langsd. & Fisch.) Brownlie. El ejemplar fue corroborado en línea con el isotipo en BM y con el herbario KALA (Kalaupapa Historic National Park Herbarium, Hawaii, USA, número KALA13288). Se realizó una búsqueda en la literatura y en los herbarios ENCB, FCMEX, MEXU, MO, NY, UC y UAMIZ para ubicar otras posibles poblaciones. Dada la ausencia de registros para México, se establece que *Phymatosorus grossus* ha sido recientemente introducido al país como planta de ornato y que estas poblaciones comienzan a escaparse a la vida silvestre.

Considerando que se trata de un género hasta ahora no incluido en las obras que tratan sobre los licopodios y helechos de México (y América continental), se incluye su descripción taxonómica:

Phymatosorus Pic. Serm., Webbia 28: 457 (1973). TIPO: *Phymatosorus scolopendria* (Burm.f.) Pic. Serm.

Helechos epífitos a epipétricos y ocasionalmente terrestres humícolas. Rizoma grueso, larga a cortamente rastrero, con escamas esparcidas, peltadas y clatradas (al menos en el centro). Hojas que nacen a intervalos amplios a lo largo del rizoma, pecíolo articulado a un filopodio; lámina simple y entera, lobada o profundamente pinnatífida, glabra; venas de tercer y cuarto orden anastomosadas y vénulas internas libres. Soros redondos o algo alargados, en 1(o 2) filas regulares a irregulares en cada lado de la vena primaria (costa) y/o secundarios, nacen en una concavidad de la lámina y se imprimen en la superficie adaxial formando una protuberancia de forma areolar. Esporas lisas a tuberculadas (Tindale, 1994).

Género con aproximadamente 12 especies nativas de África, Polinesia, Asia, Australia y Nueva Zelanda, principalmente en clima cálido.

Phymatosorus (sensu Bosman, 1991) ha sido reconocido en clasificaciones recientes de los helechos (Smith et al., 2008). Sin embargo, en diferentes floras se sigue considerando como parte de *Microsorum*, principalmente por la presencia de híbridos intergenéricos (Bostock y Spokes, 1998). La especie existente en el Neotrópico es:

Phymatosorus grossus (Langsd. & Fisch.) Brownlie, Nova Hedwigia 55: 385 (1977) Fig. 1.

Polypodium grossum Langsd. & Fisch., Pl. Voy. Russes Monde (Icon. Fil.) 1: 9, t. 8. 1810. HOLOTIPO: Langsdorff & Fischer 1810. Nukahiva, Islas Marquesas,

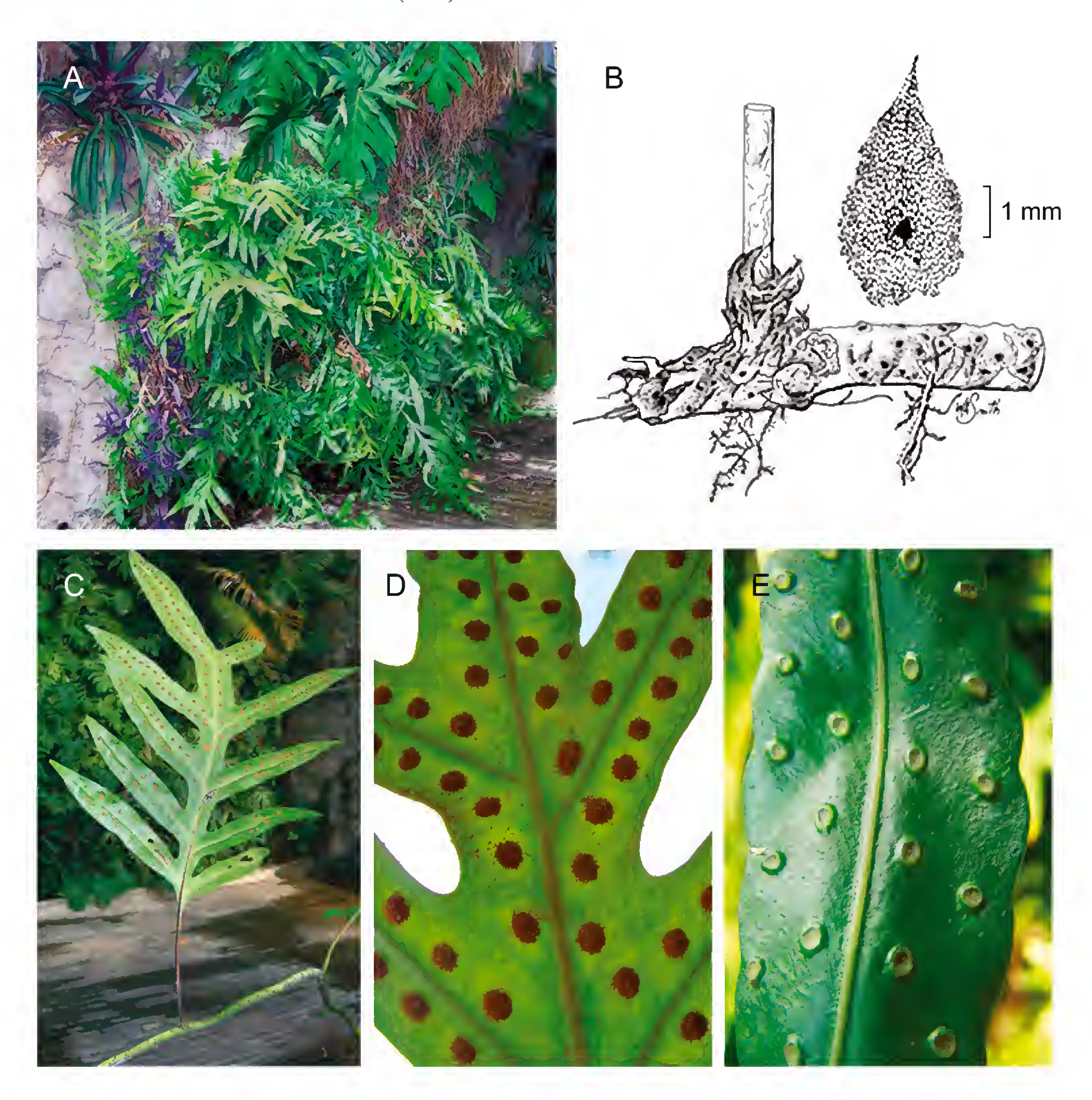


Fig. 1. *Phymatosorus grossus.* A. Hábitat sobre un muro de contención húmedo en la zona urbana; B. Rizoma y escama (escala 1 mm) (dibujo modificado de W.A. Smith, Queensland Herbarium); C. Hábito; D. Vista abaxial de la lámina; E. Vista adaxial de la lámina.

Polinesia Francesas, (LE) *n.v.* (fide E.A.C.L.E. Schelpe, Contr. Bolus Herb. 1: 100 (1969)). ISOTIPO Langsdorff & Fischer s.n. (BM !). [*Polypodium phymatodes* auct. non L.: F.M. Bailey, Lithogr. Ferns Queensland 158 (1892); F.M. Bailey, Queensland Fl. 1985 (1902); F.M. Bailey, Compr. Cat. Queensland Pl. 648 (1913); K. Domin, Biblioth. Bot. 20(85): 177 (1913)]. [*Polypodium scolopendria* auct. non Burm.f.: Anon., N. Queensland Naturalists Publ. No. 3: 10 (1946)]. [*Microsorum scolopendria* auct.

non (Burm.f.) Copel.: D.L. Jones & S.C. Clemesha, Austral. Ferns & Fern Allies 224 (1976)].

Phymatodes grossa (Langsdorff & Fischer) C. Presl, Tent. Pterid. 196. 1836.

Drynaria grossa (Langsdorff & Fischer) Fée, Mém. Foug. 5: 270. 1852.

Rizoma largamente rastrero, 5-7 mm de diámetro, esclerosado a algo carnoso, glauco, cerradamente escamoso cuando joven y en forma esparcida en la madurez. Escamas del rizoma ovadas, 2.5-8 mm de longitud, 1-3 mm de ancho, adpresas a más o menos cupuladas, deciduas, celdillas clatradas con lúmenes opalescentes y paredes gruesas, de color café obscuro, margen dentado, ápice cortamente acuminado. Hojas maduras (con soros) de 40 a 190 cm de longitud, apartadas 1-6(-10) cm; pecíolo 8-90 cm de largo (1/2 a 3/8 con respecto a la longitud de la hoja), pajizo, glabro excepto algunas escamas en la base; lámina pinnatífida hasta un décimo de su ancho, con 5 a 15 pares de lobos, lobo terminal similar a los laterales (subconformado), raramente simple, de color verde-amarillento, algo coriácea, glabra excepto algunas escamas esparcidas sobre la vena primaria y secundaria (vena media y costa), lobos laterales anchamente separados, largamente lanceolados a oblanceolados, 3-23 cm de longitud, 0.8-4(-5) cm de ancho, ápice agudo u obtuso, base usualmente algo estrechada, margen entero o repando, algo revoluto, vena primaria (central) de la lámina prominente, de color pajizo, acanalada en la superficie superior; vena secundaria, las terciarias y las de orden superior de los segmentos obscurecidas, a contraluz se distinguen areolas primarias dispuestas en varias hileras entre la vena secundaria y el margen, las hileras regulares a irregulares, con vénulas interiores que formar areolas secundarias, última venilla libre. Soros grandes, hasta 5 mm de diámetro, redondos a elípticos o largamente oblongos (por unión de dos o más soros), dispuestos en (1-)2(-3) hileras irregulares a cada lado de la vena secundaria e incluso en el ala que bordea a la vena primaria entre los lobos, especialmente concentrados en los lobos terminales. Esporas monoletes, 37.5 a 80 µm de longitud y 20 a 62.5 µm de ancho.

De acuerdo con Nooteboom (1997), esta especie no es diferente de *Phymatosorum scolopendria* (Burm. f.) Pic. Serm. (= *Microsorum scolopendria* (Burm.f.) Copel.; nombre con el cual se le identifica ampliamente en la jardinería y comunicaciones científicas del siglo pasado). Sin embargo, según Bostock y Spokes (1998) *Phymatosorus grossus* se distingue de la anterior por ser plantas fundamentalmente terrestres (vs. mayormente epífitas), tener mayor número de segmentos (5 a 15 pares vs. 1 a 5), rizoma robusto con sus escamas más o menos cupuliformes

y anchamente ovadas (vs. planas y estrechamente triangulares). *P. scolopendria* tiene una distribución semejante a la de *P. grossus*, pero sus poblaciones son restringidas y aparentemente no se reporta como invasora o escapada de cultivo en otros países.

Distribución: En forma natural, *P. grossus* prospera en el norte y noreste de Australia, en Nueva Guinea, Nueva Caledonia, Islas Fidji (Fiji) y a lo largo de las islas del Pacífico sur hasta las islas de la Polinesia Francesa. El conocimiento de su área total es incierto debido a la confusión con la especie hermana *Phymatosorum scolopendria*, pero es probable que se encuentre también en el sureste asiático y África tropical (Bostock y Spokes, 1998).

En el Nuevo Mundo se le reporta de Florida y principalmente de la zona de las Antillas: Bermudas, Puerto Rico, así como Trinidad y Tobago. En el océano Pacífico fue introducida a Hawai, EUA.

MÉXICO: Tamaulipas, Municipio Gómez Farías, 23°03'03" N y 99°09'22" O, en jardineras y como trepadora en árboles de la zona urbana y periurbana de Gómez Farías, 380 m s.n.m., 9-VIII-2000, *Tejero-Díez 4157* (IZTA, UAMIZ). Guerrero, Municipio Acapulco, calle Anáhuac arriba (al norte) del club de golf y Centro de Convenciones, 16°51'32" N y 99°51'06" O, jardineras y bardas de contención húmedas, 100 m s.n.m., 27-XII-2010, *D. Tejero-Díez 6436a* (IZTA, MEXU y ejemplares a repartir); Av. Adolfo López Mateos, entre playa Angosta (Langosta) y La Quebrada, 16°50'41" N y 99°54'55" O, epipétrica en taludes viarios húmedos, 50 m s.n.m., 29-XII-2010, *D. Tejero-Díez 6436b* (IZTA).

Hábitat en México: Es un caméfito (rupícola) a hemicriptófito rizomatoso y trepador a epífito ocasional, siempreverde, termófilo, colonial. Se observa creciendo agresivamente y sin control en macetas, jardineras y jardines. En el medio natural urbano y periurbano se encuentra como epipétrico ruderal y viario, se asocia a escurrimientos de agua permanentes, en sitios expuestos y semiexpuestos al sol. Las poblaciones encontradas en Guerrero distan entre sí cerca de 7 km y, media entre ellas, la zona marina de la bahía; para explicar esta separación, se puede aducir a la dispersión a media distancia por viento o bien por poblaciones intermedias existentes en las sierras que limitan la bahía de Acapulco.

Comentarios: En la arquitectura de la hoja, *Phymatosorus grossus* es similar a *Phlebodium pseudoaureum* (Cav.) Lellinger y a *Polypodium eatonii* Baker; sin embargo, se distingue de ellas por la presencia de soros impresos en la superficie

adaxial y el peculiar patrón de venación. En la posición e impresión del soro en la lámina, *Phymatosorus grossus* se asemeja a *Phlebodium inaequale* T. Moore, de la cual se distingue por su lámina pinnatífida (vs. completamente pinnada). En la forma de crecimiento, tipo de rizoma y disposición y tipo de las escamas y hojas, *Phymatosorus grossus* es semejante a *Serpocaulon falcaria* (Kunze) A.R. Sm., de la cual difiere porque la última especie presenta una hoja pinnatisecta con los segmentos falcados y estrechos, con una venación de una sola hilera de areolas pentagonales a cada lado de la costa.

Usos: Es una especie que tiene un amplio espectro de utilización en los países donde crece naturalmente. Baltrushes (2006) refiere que en las islas Polinesias, se emplea en cinco de los siete grupos de enfermedades registradas en las mujeres, tales como la amenorrea y la falta de menstruación. Se le asocia también al tratamiento de enfermedades microbianas de origen estomacal, tales como las diarreas (Mannar et al., 2008). Se emplea para el control de insectos, sobre todo contra "chinches de cama", en el tratamiento de la esterilidad y para la limpieza del cuerpo en niños y adultos de varios agentes nocivos (Petard, 1972; Whistler, 1992). Cambie y Ash (1994) han identificado varios triterpenoides y esteroles en esta especie. En América es ampliamente vendido como planta ornamental de maceta.

Un reto importante en la investigación de plantas y animales exóticos es la predicción tanto del potencial invasor de una especie, como de los hábitats para ser penetrados (Kareiva, 1996; Vall-Llosera y Sol, 2010). Baker (1974) y Rejmanek y Richardson (1996) han identificado algunos de los atributos de una planta ideal invasora: el rápido crecimiento vegetativo, la producción de una elevada cantidad de propágulos de tamaño pequeño, ya sea por origen sexual o vegetativo y la carencia de un sistema especializado de entrecruzamiento y germinación. Además, se han propuesto varias generalizaciones de tipo ecológico para predecir la irrupción de una especie exótica, tales como el grado de similitud de los ambientes abióticos como el clima, sustrato y topografía nativas vs. el nuevo destino (Cronk y Fuller, 1995; Crawley et al., 1997; Scott y Panetta, 1993; Reichard y Hamilton, 1997), la plasticidad de la planta (carácter de pionera) y el grado de deterioro del nuevo hábitat (Williamson y Fitter, 1996), la carencia de depredadores o parásitos naturales de la especie invasora en su nuevo hábitat (Blossey y Notzold, 1995; Crawley et al., 1997; Strong et al., 1984) o, combinaciones de atributos particulares de las especies exóticas invasoras y ecológicos del ambiente a invadir (Lake y Leishman, 2004).

Phymatosorus grossus presenta la mayoría de las propiedades descritas anteriormente: Patra y Bera (2007) reportan que esta especie (como *P. scolopendria*) presenta muy bajo consumo por parte de los herbívoros, inclusive mucho menor que el de otros helechos. La especie tiene una rápida multiplicación vegetativa por medio de sus rizomas y una elevada producción de esporas que tienen potencial de dispersión a larga distancia (Felicísimo y Muñoz, 2010). Produce gametófitos bisexuales con alta probabilidad autogámica (de entrecruzamiento) (Chiou et al., 2002, referida como *P. scolopendria*). Tiene una amplia plasticidad fenotípica; su hoja varía desde 40 cm hasta casi 2 m y puede tener diferentes tonos de coloración de acuerdo con la exposición a la luz. Presenta potencial para ocupar diversos hábitats; fundamentalmente suelos saturados de agua, humícolas e incluso como epipétrico en taludes rocosos. También se ha registrado como epífito trepador. Esta especie se ha convertido en una planta común invasora en Hawai (Wilson, 1996) y con rápida expansión en Florida (Global Invasive Species Database, Anónimo, 2010).

En México, en los sitios de clima cálido y cercanos a las costas, podría competir fácilmente con *Adiantum* spp., *Phlebodium* spp., *Pityrogramma calomelanos* (L.) Link*, Serpocaulon falcaria* (Kunze) A.R. Sm. y *Serpocaulon triseriale* (Sw.) A.R. Sm., especie considerada como "amenazada" en la NOM-059 (Anónimo, 2010) en taludes viarios y bosques abiertos. Probablemente pueda crecer también en sitios con suelos saturados con agua.

Con el hallazgo de *P. grossus*, para México se registran 11 especies de helechos y licopodios introducidos (Cuadro 1) (Mickel y Smith, 2004; Mora-Olivo y Yatskievych, 2009). Sin embargo, probablemente otras 11 especies (Cuadro 2), aprovechando su capacidad de dispersión a larga distancia (Didham et al., 2005; Barbault y Teyssedre, 2010), su carácter de malezas viarias y la gran cantidad de caminos existente en México, han arribado al país recientemente; esta suposición se basa en el hecho de que no se cuenta con registros en los herbarios antes de 1960, sus poblaciones son restringidas en México y disyuntas con respecto a los sitios donde presentan mayor abundancia. Las 22 entidades representan 0.92% de los pteridobiontes del país, porcentaje muy bajo en comparación con 16% en el caso de Hawai (Wagner, 1995). En México, la mayoría de estas especies se han naturalizado y forman parte de la vegetación natural donde crecen, a excepción de *Nephrolepis cordifolia, N. hirsutula, Phymatossorus grossus, Salvinia molesta y Thelypteris dentata* que tienen potencial invasor al desplazar a especies autóctonas y cubrir agresivamente el espacio donde de encuentran.

Cuadro 1. Especies de pteridobiontes registradas como exóticas en México ([1]Mickel y Smith, 2004, [2]Mora-Olivo y Yatskievych, 2009).

Especie	Origen	Comportamiento	Distribución en México (Mickel y Smith, 2004)
[1]*Adiantum raddianum* C. Presl	Sudamérica, probablemente zona nor-andina	Naturalizada, hierba del sotobosque	Chis., Mich., Mor., Oax., Pue., Sin., Tlax., Ver.
[1]*Macrothelypteris torresiana* (Gaudich.) Ching	Asia e islas del Pacífico	Naturalizada	Chis., Gro., Hgo., Méx., Mor., Oax., Pue. (Tejero-Díez 6137, 6149, 6152 MEXU), Qro., Tab., Ver.
[1]*Nephrolepis cordifolia* (L.) C. Presl	Sudamérica	Invasora	Chis., D.F., Méx., Oax., Pue., Ver.
[1]*Nephrolepis exaltata* (L.) Schott	Centro a Sudamérica	Naturalizada	Ver.
[1]*Nephrolepis falcata* (Cav.) C. Chr.	Malasia y Polinesia	Urbanizada	Gro., Ver.
[1]*Nephrolepis hirsutula* (G. Forst.) C. Presl	Centroamérica	Invasora	Chis., Oax., Pue. (Tejero-Díez 6139, 6153 MEXU), Qro., Tab., Ver., Yuc.
Phymatosorus grossus (Langsd. & Fisch.) Brownlie	Asia y Oceanía	Urbanizada	Gro., Tamps.
[1]*Pteris cretica* L.	Asia-África (incierto)	Naturalizada, ripícola	Chih., Chis., D.F., Dgo., Gro., Gto., Hgo., Jal., Méx., Mich., Mor., N.L., Oax., Pue., Qro., Sin., S.L.P., Son., Tam., Ver.
[1]*Pteris vittata* L.	Este de Asia	Naturalizada	N.L., Hgo. (Zuñiga-Salavatierra 106 UAEH), Tam.
[2]*Salvinia molesta* D. S. Mitchell	Sudamérica	Invasora hidrófita	B.C.N., Son.[1]
[1]*Thelypteris dentata* (Forssk.) E. P. St. John	África e Islas del Pacífico	Invasora	Cam., Chis., Col., Gro., Mor., Oax., Pue., Qro., Q.R., Tab., Ver., Yuc.

Cuadro 2. Especies que probablemente han arribado recientemente a México.

Especie	Sitio con mayor densidad de poblaciones	Comportamiento	Distribución en México (Mickel y Smith, 2004)
Blechnum penna-marina (Poir.) Kuhn	Sudamérica e islas circunsubantárticas	Naturalizada, orillas de arroyos	Chih., Dgo.
Ceratopteris thalictroides (L.) Brongn.	Asia	Naturalizada, hidrófita	Gro., Oax.
Equisetum x*schaffneri* Milde	Centro a Sudamérica	Naturalizada, ripícola	Chis., Oax., Pue., Tamps., Ver.[2]
Lycopodiella alopecuroides (L.) Cranfill	Sudamérica	Naturalizada, viaria	Chis., Pue. (DTD 5844, 5867 IZTA)
Lycopodiella caroliniana (L.) Pic. Serm.	Sudamérica	Naturalizada	Tab.
Nephrolepis pectinata (Willd.) Schott	Sudamérica	Invasora	Chis., Oax., Pue., Ver.
Nephrolepis pendula (Raddi) J. Sm.	Sudamérica	Naturalizada	Chis., Oax., Tab., Ver.
Pteris quadriaurita Retz.	Australia, Nueva Zelanda y Polinesia	Naturalizada	Chis., Col., Gro., Hgo., Jal., Mex., Mich., Mor., Nay., Oax., Qro., S.L.P., Tamps., Ver.
Pteris propinqua J. Agardh	Sudamérica	Naturalizada	Ver.
Pteris tripartita Sw.	Australia, Polinesia	Naturalizada	Ver.
Thelypteris interrupta (Willd.) K. Iwats.	Asia	Naturalizada	Camp., Chis., Hgo., Jal., Q.R., Tab., Ver.

AGRADECIMIENTOS

Robbin Moran y Alan R. Smith auxiliaron en la determinación de los ejemplares mediante el análisis de fotografías. Ellos, J. Canek Ledesma Corral, Leticia Pacheco y George Yatskievych revisaron los herbarios MEXU, MO, NY, UAMIZ y UC respectivamente. Silvia Aguilar Rodríguez, Klaus Mehltreter y Alan R. Smith revisaron críticamente el manuscrito. A los curadores de los herbarios mencionados y los de ENCB y FCMEX se agradece por permitir el acceso a las colecciones.

LITERATURA CITADA

Adair, R. y R. Groves. 1998. Impact of environmental weeds on biodiversity: a review and development of a methodology. The Director of the National Parks and Wildlife y Biodiversity Group, Environment Australia (formerly Australian Nature Conservation Agency). Canberra, Australia. 55 pp.

Anónimo. 2005. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental- especies nativas de México de flora y fauna silvestres- categorías de riesgos y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio- lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación 2a, sección, 30 de diciembre del 2010. México, D.F. pp. 1-77. http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf

Anónimo. 2010. Global invasive species database (GISD). Invasive Species Specialist Group (ISSG)-International Union for Conservation of Nature (IUCN) Species Survival Commission. Consultado el 24 de marzo de 2011. http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=1795&fr=1&sts=sss&lang=EN

Baker, H. 1974. The evolution of weeds. Ann. Rev. Ecol. Syst. 5: 1-24.

Baltrushes, N. 2006. Medical ethnobotany, phytochemistry and bioactivity of the ferns of Moorea, French Polynesia. Senior Honors Thesis. Department of Integrative Biology, University of California. Berkeley, California, USA. 46 pp.

Barbault, R. y A. Teyssedre. 2010. Especies invasoras. Investigación y Ciencia: Temas 61: 52-58.

Baskin, Y. 2002. The greening of horticulture: new codes of conduct aim to curb plant invasions. BioScience 52(6): 464-471.

Blossey, B. y R. Notzold. 1995. Evolution of increased competitive ability in invasive non-indigenous plants: a hypothesis. J. Ecol. 83: 887-889.

Bosman, M. T. M. 1991. A monograph of the fern genus *Microsorum* (Polypodiaceae), including an attempt towards a reconstruction of the phylogenetic history of the microsoroids. Leiden Bot. Ser. 14: 1-161.

Bostock, P. D. y T. M. Spokes. 1998. Polypodiaceae. In: McCarthy, P. M. (ed.). Flora of Australia. Vol. 48. Disponible en Australian Biological Resources Study (ABRS). Consultado el 22 de febrero de 2011. http://www.anbg.gov.au/abrs/online-resources/flora/redirect.jsp

Cambie, R. C. y J. Ash. 1994. Fijian medicinal plants. The Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO). Campbell, Australia. 365 pp.

Chiou, W. L., D. R. Farrar y T. A. Ranker. 2002. The mating systems of some epiphytic Polypodiaceae. Amer. Fern J. 92(2): 65-79.

Crawley, M., P. Harvey y A. Purvis. 1997. Comparative ecology of the native and alien floras of the British Isles. In: Silvertown, J., M. Franco y J. Harper (eds.). Plant life histories. Ecology, phylogeny and evolution. Cambridge University Press. New York, USA. pp. 36-53.

Cronk, Q. y J. Fuller. 1995. Plant invaders. The threat to natural ecosystems. Chapman and Hall. London, UK. 241 pp.

D'Antonio, C. M. y P. M. Vitousek. 1992. Biological invasions by exotic grasses, the grass/fire cycle, and global change. Ann. Rev. Ecol. Syst. 23: 63-87.

Didham, R. K., J. M. Tylianakis, M. A. Hutchison, R. M., Ewers y N. J. Gemmell. 2005. Are invasive species the drivers of ecological change? Ecol. Evol. 20: 470-474.

Felicísimo, A. M. y J. Muñoz. 2010. El viento y la dispersión de las plantas (criptógamas continentales). Invest. Cienc. 406: 62-69.

Groves, R. 1991. A short history of biological invasions of Australia. In: Groves, R. y F. Di Castri (eds.). Biogeography of mediterranean invasions. Cambridge University Press. Cambridge, UK. pp. 59-63.

Kareiva, P. 1996. Developing a predictive ecology for non-indigenous species and ecological invasions. Ecology 7: 1651-1652.

Lake, J. C. y M. R. Leishman. 2004. Invasion success of exotic plants in natural ecosystems: the role of disturbance, plant attributes and freedom from herbivores. Biol. Cons. 117: 215-226.

Levine, J. M., M. Vilà, C. M. D'Antonio, J. S. Dukes, K. Grigulis y S. Lavorel. 2003. Mechanisms underlying the impacts of exotic plant invasions. Proc. R. Soc. Lond. (Biol.) 270: 775-781.

Lodge, D. 1993. Biological invasions: lessons from ecology. Trends Ecol. Evol. 8: 133-137.

MacDonald, I. A. W., L. L. Loope, M. B. Usher y O. Hamann. 1989. Wildlife conservation and the invasion of nature reserves by introduced species: a global perspective. In: Drake, J., H. A. Mooney, F. di Castri, R. H. Groves, F. J. Kruger, M. Rejmánek y M. Williamson (eds.). Biological Invasions: a global perspective. John Wiley & Sons. Chichester, U.K. pp. 215-255.

Mack, R. N., D. Simberloff, W. M. Lonsdale, H. Evans, M. Clout y F. A. Bazzaz. 2000. Biotic invasions: Causes, epidemiology, global consequences and control. Ecol. Appl. 10: 689-710.

Mack, R. N. y M. Erneberg. 2002. The United States naturalized flora: largely the product of deliberate introductions. Ann. Mo. Bot. Gard. 89: 176-189.

Mannar, M. M., M. Maridass y B. Victor. 2008. A review on the potential uses of ferns. Ethnobot. Leaf. 12: 281-285.

Mickel, J. T. y A. R. Smith. 2004. The pteridophytes of Mexico. Mem. New York Bot. Gard. 88: 1-1054 (328 láminas).

Mora-Olivo, A. y G. Yatskievych. 2009. *Salvinia molesta* in Mexico. Am. Fern J. 99(1): 56-58.

Morse, L. E., J. T. Kartesz y L. S. Kutner. 1995. Native vascular plants. In: LaRoe, E. T., G. S. Farris, C. E. Puckett, P. D. Doran y M. J. Mac (eds.). Our living resources: a report to the nation on the distribution, abundance, and health of U.S. plants, animals and ecosystems. U.S. Department of the Interior, National Biological Service. Washington, DC, USA. pp. 205-209.

Nooteboom, H. P. 1997. The microsoroid ferns (Polypodiaceae). Blumea 42: 261-395.

Patra, B. y S. Bera. 2007. Herbivore damage to ferns caused by a chrysomelid beetle from lower gangetic plains of West Bengala, India. Am. Fern J. 97(1): 19-29.

Petard, P. 1972. Raau Tahiti: the use of Polynesia medicinal plants in Tahitian medicine. Technical Paper No. 167. South Pacific Commission. Noumea, New Caledonia. 66 pp.

Pimentel, D. 2005. Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States. Environ. Dev. Sustain. 7: 229-252.

Pysek, P., D. M. Richardson, M. Rejmánek, G. Webster, M. Williamson y J. Kirschner, 2004. Alien plants in checklists and floras: towards a better communication between taxonomists and ecologists. Taxon 53: 131-143.

Reichard, S. H. y C. W. Hamilton. 1997. Predicting invasions of woody plants introduced into North America. Conserv. Biol. 11: 193-203.

Reichard S. H. y P. White. 2001. Horticulture as a pathway of invasive plant introductions in the United States. Biosci. 51: 103-113.

Rejmanek, M. y D. M. Richardson. 1996. What attributes make some plant species more invasive? Ecology 77(6): 1655-1661.

Rose, S. y P. G. Fairweather. 1997. Changes in floristic composition of urban bushland invaded by *Pittosporum undulatum* in Northern Sydney, Australia. Aust. J. Bot. 45: 123-149.

Scott, J. y F. Panetta. 1993. Predicting the Australian weed status of southern African plants. J. Biogeogr. 20: 87-93.

Smith, A. R., K. M. Pryer, E. Schuettpelz, P. Korall, H. Schneider y P. G. Wolf. 2008. Fern classification. Chapter 16. In: Ranker, T. A. y C. H. Haufler (eds.). The biology and evolution of ferns and lycophytes. Cambridge University Press. New York, USA. pp. 417-467.

Strong, D., J. Lawton y R. Southwood. 1984. Insects on plants: community patterns and mechanisms. Blackwell Scientific. Oxford, UK. 313 pp.

Stuart, T. 2009. Polypods exposed. Fiddlehed forum (Bull. Amer. Fern Soc.) 36(2-3): 9-25.

Tindale, M. D. 1994. *Phymatosorus* In: McCarthy, P. M. (ed.). Flora of Australia. Vol. 48. Disponible en: ABRS (Australian Biological Resources Study). Consultado el 21 de febrero de 2011. http://www.environment.gov.au/biodiversity/abrs/online-resources/flora/main/index.html

Vall-Llosera, M. y D. Sol. 2010. Predecir el éxito de las especies invasoras. Investigación y Ciencia 405: 14-15.

Villaseñor, J. L. y F. J. Espinosa-García. 2004. The alien flowering plants of Mexico. Diversity and Distributions 10: 113-123.

Wagner, W. H. Jr. 1995. Evolution of Hawaiian ferns and fern allies in relation to their conservation status. Pacific Science 49(1): 31-41.

Whistler, W. A. 1992. Botanical inventory of the proposed Ta'u unit of the National Park of American Samoa. Technical Report 83. Botany Department, University of Hawai'i y National Tropical Botanical Garden Lawai, Kaua'i, Hawai'i. Hawaii, USA. 103 pp.

Wilson, K, A. 1996. Alien ferns in Hawaii. Pacific Science 50(2): 127-141.

Williamson, M. y A. Fitter. 1996. The characters of successful invaders. Biol. Conserv. 78: 163-170.

Recibido en junio de 2011.

Aceptado en octubre de 2011.

AGRADECIMIENTOS

Acta Botanica Mexicana agradece a los siguientes investigadores su colaboración como árbitro durante el año 2011.

Luis Ernesto Aguilar Rosas
Wladyslaw Altermann
Christiane Anderson
Sibel Bargu
Fred R. Barrie
Gerardo Bocco
Kathleen Burt-Utley
Pablo Carrillo Reyes
Jacqueline Ceja Romero
Mark W. Chase
Lynn G. Clark
Erick de la Barrera
Laurence J. Dorr
Norman A. Douglas
Kurt Dreckmann Estay
Robert L. Dressler
Adolfo Espejo Serna
Francisco J. Espinosa García
Miriam Monserrat Ferrer Ortega
Peter W. Fritsch
José María Gabriel y Galán
Raquel Galván Villanueva
Hector Octavio Godinez Álvarez
José Luis Godínez Ortega
Gabriela E. Giudice
Jordan Golubov Figueroa
Socorro González Elizondo
Luz María González Villarreal
Ana Maria Goulart de Azevedo Tozzi
Laura Guzmán Dávalos
H S Heide-Jørgensen
James Henrickson
Mariana Hernández Apolinar
Héctor Hernández Macías
Luis Gerardo Hernández Sandoval
Yolanda Herrera Arrieta
Guillermo Ibarra Manríquez
Walter S. Judd
Job Kuijt
Francisco Javier Laborde Dovalí
Fidel Landeros
Matthew Lavin
Roy L. Lehman
Rafael Lira Saade
Ximena Londoño
Ana Rosa López Ferrari
Lauro López Mata
Socorro Lozano García
Cristina Mapes
Carlos Martorell
Lucinda McDade
María Esther Meave del Castillo
John T. Mickel
Jorge Molina
Michael Nee
Guy L. Nesom
Daniel L. Nickrent
Gilberto Ocampo Acosta
Susana Ochoa Gamboa
Yuri B. Okolodkov

Mark Earl Olson
Jorge Pérez de la Rosa
Eduardo A. Pérez García
Evangelina Pérez Silva
Daniel Piñero Dalmau
John F. Pruski
Sonia Quijano Scheggia
Ivón Ramírez Morillo
Rafael Riosmena Rodríguez
Aarón Rodríguez Contreras
Jack D. Rogers
Jens G. Rohwer
J. Gabriel Sánchez Ken
Amalio Santacruz Varela
Paul D. Sørensen
Richard Spellenberg
John L. Strother
Daniel Tejero Díez
Teresa Terrazas Salgado
Walter Till
Jimmy K. Triplett
Nicholas Turland
Billie L. Turner
Susana Valencia Ávalos
Heike Vibrans Lindemann
Robert K. Vickery, Jr.
José Luis Villaseñor
Gary D. Wallace
Arthur L. Welden
Laura Yáñez Espinosa
Fernando O. Zuloaga

NORMAS EDITORIALES E INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

Acta Botanica Mexicana es una publicación del Instituto de Ecología, A.C. que aparece cuatro veces al año. Da a conocer trabajos originales e inéditos sobre temas botánicos y en particular los relacionados con plantas mexicanas. Todo artículo que se presente para su publicación deberá dirigirse al Comité Editorial de *Acta Botanica Mexicana*, en el entendido de que todos los autores están de acuerdo en su publicación; las contribuciones deberán ser originales e inéditas y no haber sido publicadas ni enviadas simultáneamente a otra revista para su publicación. Los artículos serán evaluados por pares, en principio los árbitros mantendrán su anonimato. Toda contribución deberá ajustarse a las siguientes normas e instrucciones.

NORMAS

Principalmente se publicarán artículos escritos en español, aceptándose cierta proporción de trabajos redactados en inglés, francés o portugués. Todo trabajo recibido por el Comité Editorial merecerá un inmediato acuse de recibo.

El Comité Editorial considerará, en primera instancia, la presentación y el estilo del artículo. Posteriormente será sometido a un sistema de arbitraje por pares. En el referéndum participarán dos científicos especialistas en el tema, cuyas opiniones serán consideradas para la aceptación del trabajo. En caso de divergencia entre los árbitros, el artículo y las opiniones serán presentadas a un tercer revisor. Cuando el trabajo haya sido aceptado, el manuscrito con los dictámenes de los revisores se enviará a los autores para realizar las modificaciones pertinentes. Si la versión corregida no fuera devuelta en los seis meses posteriores a la recepción de la revisión se considerará que el trabajo ha sido retirado para su publicación. La decisión final sobre la aceptación de un trabajo corresponderá al propio Comité Editorial, tomando en cuenta las opiniones de los revisores.

El orden de publicación atenderá a las fechas de recepción y aceptación del trabajo. La fecha de recepción corresponde a la versión que cumple con los requerimientos de presentación y estilo solicitados por la revista. Cuando el trabajo sea aceptado para su publicación, el autor principal será notificado por escrito del número de revista en el que aparecerá y los costos derivados del derecho de página y compra de sobretiros.

No se aceptarán trabajos que, pudiendo integrarse como unidad, sean presentados por separado en forma de pequeñas contribuciones o notas numeradas. Asimismo, no serán aceptadas contribuciones preliminares o inconclusas, que sean factibles de terminar a mediano o corto plazos. Todo trabajo rechazado para su publicación no será aceptado con posterioridad.

INSTRUCCIONES

Enviar el escrito, incluyendo las imágenes y cuadros, en versión electrónica (en formato Word o RTF). La versión impresa puede ser enviada, pero no es indispensable. Las imágenes (ilustraciones en dibujo de línea, fotografías, gráficas y mapas), además deberán enviarse como archivos separados del documento de texto; en su presentación considere el formato de la revista. Los originales eventualmente pueden ser requeridos en cualquier etapa del proceso editorial.

El texto deberá ir a doble espacio, con letra de 12 puntos, en tamaño carta (21.5 x 28 cm), con márgenes de 3 cm, numeradas consecutivamente desde los resúmenes hasta la literatura citada. La carátula incluirá el título en español y en inglés, el nombre completo del autor o autores, créditos institucionales, dirección postal y electrónica. Favor de especificar el autor de contacto. Las leyendas

de las ilustraciones se concentrarán todas en secuencia numérica en una (o varias) hojas por separado. La ubicación aproximada de cada figura deberá señalarse en el texto, anotando el número de figura en el margen izquierdo.

El texto debe incluir un resumen en el idioma en el que está escrito y/o en español, con una extensión proporcional a la del trabajo. Si el artículo está escrito en inglés, francés o portugués, se recomienda un amplio resumen en español.

Los dibujos de línea y las fotografías deberán tener resoluciones mínimas de 600 y 300 dpi respectivamente y guardarse con la extensión .tiff. Las gráficas y mapas generados en programas de análisis estadístico o sistemas de información geográfica, deberán entregarse en los formatos eps o pdf; si se incluyen gráficas en Excel, deberán también presentarse en el mismo formato de este programa. La publicación de imágenes en color implica un costo adicional; se recomienda agruparlas en láminas, evitando su presentación en forma aislada.

Para consignar las referencias bibliográficas en el texto se empleará el estilo Harvard. En el apartado de Literatura Citada las citas se presentarán en orden alfabético, según las primeras letras del apellido del primer autor. Todas las referencias en el texto deberán aparecer en esta sección y viceversa.

Cada componente de una cita, según se trate de un artículo, libro, tesis, etc., se separará con un punto. El orden de dichos componentes es en el caso de artículos: autor(es), año de publicación, título del artículo, nombre abreviado de la revista, volumen y páginas (separando volumen de página con dos puntos); en el de libros: autor(es), año, título, nombre del editor (si existe), número de la edición (si no es la primera), nombre y ubicación de la editorial (Ed.) o de la Institución donde se imprimió la obra y paginación total o específica si sólo se consultó parte de la obra. Para las referencias electrónicas se sigue el patrón básico de un libro, incluyendo la dirección en internet y la fecha de consulta.

Todo trabajo de tipo taxonómico deberá ajustarse a la última edición del Código Internacional de Nomenclatura Botánica.

La contribución deberá estar redactada y escrita correctamente y sin errores. Se sugiere que el borrador del artículo se someta a la lectura de por lo menos dos personas con experiencia en la redacción de trabajos similares. Para cualquier duda referente a la presentación de los escritos consulte la página de la revista: http://www1.inecol.edu.mx/abm

COSTOS DE PUBLICACIÓN Y SOBRETIROS

El Instituto de Ecología no pretende lucrar con la publicación de *Acta Botanica Mexicana*; a través de la solicitud de una contribución institucional para el financiamiento de cada publicación, sólo trata de recuperar una parte de los gastos derivados de dicha actividad.

La cuota por concepto de derecho de página es de $20.00 para México y $ 16.00 u.s.d. para el extranjero, quedando sujeta a cambios posteriores acordes con el aumento de los costos de impresión y relativos. El monto de la contribución se indicará junto con la aceptación definitiva del trabajo, de manera que el autor disponga de tiempo para tramitar esta ayuda.

Se obsequiarán a los autores 25 sobretiros por artículo. Si se desean sobretiros adicionales éstos se cobrarán al costo de impresión de los mismos. Al devolver a los editores las pruebas de plana corregidas, cada autor deberá incluir el importe determinado para la publicación de su trabajo y de los sobretiros extras solicitados.

Enviar correspondencia a: *Acta Botanica Mexicana*. Instituto de Ecología, A.C., Centro Regional del Bajío, Apartado postal 386, Ave. Lázaro Cárdenas 253, C.P. 61600 Pátzcuaro, Michoacán. correo electrónico: rosamaria.murillo@inecol.edu.mx

Acta Botanica Mexicana Núm. 98
consta de 500 ejemplares y fue impresa en la
Imprenta Tavera Hermanos, S.A. de C.V.
Av. Lázaro Cárdenas Núm. 3052
Morelia, Mich.
el mes de diciembre de 2011



Toda correspondencia referente a suscripción, adquisición de números o canje, debe dirigirse a:

Acta Botanica Mexicana

Instituto de Ecología, A. C.

Centro Regional del Bajío

Apartado postal 386

61600 Pátzcuaro, Michoacán, México

rosamaria.murillo@inecol.edu.mx

Suscripción anual: México $300.00 Extranjero $30.00 U.S.D.

Acta Botanica Mexicana es una publicación trimestral, enero 2012. Editor responsable: Jerzy Rzedowski Rotter. Composición tipográfica: Violeta Espinosa Cardoso. Número de Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor: 04-2004-0719192751000-102. Número de Certificado de Licitud de título: 13454. Número de Certificado de Licitud de Contenido: 11027. Domicilio de la publicación: Ave. Lázaro Cárdenas 253, 61600 Pátzcuaro, Michoacán, México. Tel. (434) 3 42 26 98. Imprenta: Imprenta Tavera Hermanos, S.A. de C.V. Ave. Lázaro Cárdenas 3052, Col. Chapultepec Sur, 58260 Morelia, Michoacán, México. Distribuidor: Instituto de Ecología, A.C., Centro Regional del Bajío, Ave. Lázaro Cárdenas 253, apdo. postal 386, 61600 Pátzcuaro, Michoacán, México. http://www1.inecol.edu.mx/abm

Acta Botanica Mexicana, **Núm. 98 (2012)**

CONTENIDO